

# Universidad de Cádiz

Proyectos fin de carrera de Ingeniería Técnica de Obras Públicas

Especialidad: Construcciones Civiles. Transporte y Servicios Urbanos.

**Centro:** ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS

**Titulación:** Ingeniería Técnica de Obras Públicas.  
Especialidad: Construcciones Civiles Transportes  
Servicios Urbanos

**Título:** Dragados portuarios y costeros: una  
revisión crítica para el golfo de Cádiz.

**Autor:** Iyad. S. T. Khader

**Fecha:** Junio 2010



## TRABAJO FIN DE CARRERA

### ***“DRAGADOS PORTUARIOS Y COSTEROS: UNA REVISIÓN CRÍTICA PARA EL GOLFO DE CÁDIZ”***

*Titulación:* Ingeniería Técnica de Obras Públicas  
*Especialidades:* Construcciones Civiles; Transporte y Servicios  
Urbanos

*Alumno:* Iyad . S . T . Khader

*Profesor tutor:* D. Gregorio Gómez Pina.  
Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

2010

# CAPITULO I. PRESENTACIÓN, DEDICATORIA Y INTRODUCCIÓN



**IYAD S T KHADER**

DRAGADOS PORTUARIOS Y COSTEROS:  
UNA REVISIÓN CRÍTICA PARA EL GOLFO DE CÁDIZ  
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS.

## PRESENTACIÓN

La idea de elaborar este trabajo, Dragado Portuario y Costero: Una Revisión Crítica para el Golfo de Cádiz, surgió de mi tutor *Dr. Gregorio Gómez Pina*, como un proyecto/trabajo Fin de Carrera, cuyo temático era muy similar a la que se presenta en las próximas páginas.

Es para mí un motivo de satisfacción presentar, este trabajo escrito por mí, el joven y futuro ingeniero de obras publicas *Iyad Shaker Taha Khader*, como culminación de mi proyecto/trabajo Fin de Carrera de la ingeniería técnica de obras públicas, especialidad de construcciones civiles y transporte y servicios urbanos.

Aunque en la actualidad existe una bibliografía técnica extranjera muy extensa relativa a las operaciones de dragado, la escasez de trabajos sobre el dragado, relacionados con dicha materia publicados en español, me motivó a la hora de realizar este trabajo, donde se pretende recopilar y sintetizar la información más relevante procedente de artículos, conferencias y publicaciones extranjeras y españolas, consiguiendo uno de los trabajos más completos, en lo que a aspectos técnicos de los equipos de dragado se refiere, que, apoyado por un excelente trabajo grafico, permite, al lector, saber más sobre la historia , las técnicas de dragado y los equipos de dragado sin excesiva dificultad.

Escribir un texto detallado sobre los equipos de dragado, sus aplicaciones, tanto para la obra civil como en marítima, estudios ambientales, normativa, metodología, etc., sería una tarea inabarcable que desembocaría, posiblemente, en la realizar varios trabajos, debido al abanico tan elevado de aplicaciones que son capaces de desarrollar estos colores de la obra civil. En este trabajo se pretende describir de forma más detallada posible los diferentes equipos de dragado existentes, así como sus comportamientos principales, equipos auxiliares, características más importantes, ventajas e inconvenientes, tipología y funcionamientos, elección de los mismos en función de las características del terreno, se analiza la evolución de los equipos a lo largo de la historia.

También se analiza otros aspectos referentes al dragado, como las consideraciones medio ambientales, las características de los terrenos y las aplicaciones para obra civil, medio ambiente.

También se realiza un estudio de la forma de transporte de una draga y los accesorios de una draga, la logística del transporte, los equipos de transporte y elevación del material dragado, equipos de transporte y vertidos. Así mismo la documentación necesaria para la embarcación de una draga en puertos de interés general.



Se realiza un estudio de una revisión crítica de las técnicas de los dragados en el Golfo de Cádiz, apartando una idea para mejorar las técnicas de dragado en el Golfo de Cádiz.

La estructura de este proyecto/trabajo Fin de Carrera, así como los objetivos que se persiguen con el mismo, le pueden convertir de apoyo para aquellos estudiantes de ingeniería de obras públicas en la escuela politécnica superior de Algeciras que pretenden ampliar sus conocimientos sobre el mundo del dragado, o bien como un texto de consulta para todos aquellos alumnos de la escuela que pretenden realizar futuros trabajos sobre el dragado.

---

## DEDICATORIA

Hoy que estoy a punto de dar un gran paso como persona y en la vida profesional, me he dado cuenta que el proceso de superación personal de cada individuo es muy largo y difícil, en ese proceso de la vida siempre habrá personas que te ayudan y confían en ti, por consiguiente este proyecto/trabajo Fin de Carrera está dedicada a ellas.

Quiero agradecer a mi tutor Dr. Gregorio Gómez Pina por la labor realizada, dirigiendo y revisando este trabajo, así como su amabilidad por presentarme a unos magníficos ingenieros del sector de dragados y empresas de dragado, cederme algunas publicaciones muy interesantes del tema de dragado.

Igualmente es de destacar el apoyo de las empresas y fabricantes de equipos de dragado que me ha facilitado informaciones e ilustraciones de sus productos, con los que se ha completado parte de reducción e ilustraciones de este trabajo.

A mis padres que desde niño con regaños, privaciones e insistencias lograron formarme, enseñándome también a no ser egoísta y a tenderles la mano a las personas que lo necesiten sin recibir nada a cambio.

A mis hermanos que siempre me alentaban a seguir adelante en los momentos más difíciles de mi vida.

A todos los profesores que participaron en mi vida académica y me formaron para llegar a ser un buen ingeniero, y en especial a mis profesores de la escuela politécnica superior de Algeciras.

Por último, y no por ello menos importante quisiera hacer una mención especial a todas las autoridades de la Escuela Politécnica Superior de Algeciras E.P.S.A Unidad profesional así como a profesores y a todo el personal que en ella labora, por el apoyo brindado en los momentos más difíciles en mi superación profesional.

---

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se ha desarrollado con el objetivo de conocer bien el tema de dragados y tener un estudio completo en lo que se refiere al dragado portuario y costero ya que en España no hay tantas informaciones sobre el dragado.

Tiene por objetivo también caracterizar las técnicas y operaciones de dragado existentes en la actualidad. A través de un capítulo se analizan las tres etapas básicas de toda obra de dragado, desde la extracción del material hasta su vertido.

Ver las técnicas de dragado y hacer un análisis crítico de la forma de realizar las obras de dragado portuario y costero en el Golfo de Cádiz

También la participación del Ingeniero técnico de obras públicas (ingeniero civil) en la ingeniería marítima y portuaria, concentrándose primordialmente en las obras de dragado portuario y costero en el Golfo de Cádiz.

*El trabajo contiene los siguientes capítulos:*

En el primer capítulo: se refiere a una presentación del trabajo

En el segundo capítulo: se describe la introducción que contiene el marco de referencia, conceptos básicos y los motivos para realizar un dragado.

En el tercer capítulo: se realiza un estudio de la historia del dragado y la evolución de los equipos de dragado a lo largo de la historia hasta hoy en día.

En el cuarto capítulo: se describe las técnicas de dragado y se describe el proceso de dragado y sus operaciones así como el tratamiento previo del material a dragar, extracción de material de fondo a la superficie, transporte del material extraído y la descarga de material transportado. También se describe las leyes y normas reguladoras para el vertido en España. Se mencionan las diferentes ayudas exteriores al dragado como son: señalamientos en tierra y señalamientos en mar así como la descripción de la instrumentación de ayuda a bordo.

La ejecución y selección del equipo, para la realización de una obra de dragado hay que elegir el tipo de draga apropiado para la realización del trabajo y en eso influye el coste, las características del suelo, las profundidades de dragado y las condiciones ambientales.

En el quinto capítulo: transporte de la maquinaria de dragados de Holanda hasta Cádiz.

---

---

Dentro de este apartado se estudia la forma de transportar la maquinaria de dragado por vía marítima y/o terrestre, la documentación necesaria para que una draga este en un puerto español (Cádiz), vemos la norma española.

Vemos también en este capítulo los equipos de transporte y elevación del material dragado y los equipos de transporte y vertido.

También en este mismo capítulo vemos un ejemplo de una draga de pequeño tamaño y la forma de transportarla desde Holanda hasta Cádiz por vía marítima y terrestre.

En el sexto capítulo: se describen los impactos ambientales en las obras de dragado como son: potenciales impactos ambientales, problemas con los recursos naturales, problemas especiales, alternativas de los proyectos, administración y capacitación, seguimiento y los potenciales impactos negativos y medidas de atenuación.

En el séptimo capítulo: se desarrolla el funcionamiento y tipología de las dragas. Se desarrollan los aspectos de mayor relevancia en la clasificación del dragado como son: trenes de dragado, equipos de extracción, dragas, dragas mecánicas, dragas de rosario, dragas dipper, dragas de retroexcavación, dragas de cuchara, dragas hidráulicas, draga de succión con cortador, partes principales de una draga de succión con cortador, dragas de succión en marcha, equipos auxiliares, gánguiles, estaciones de rebombeo y elevadores.

En el octavo capítulo: se desarrolla el trabajo de las dragas portuarias y la construcción de una obra portuaria. Y los motivos para realizar el dragado en un puerto. Se realiza el análisis de la construcción de un dique como ejemplo.

En el noveno capítulo: se describe la importancia del dragado costero y la regeneración de playa como un ejemplo del dragado costero, y el sistema de aportación de arena.

En el décimo capítulo: se realiza un estudio de las técnicas de dragado y una revisión crítica de la forma de hacer el dragado en el golfo de Cádiz.

La coordinación de los tres organismos, el Ministerio de Fomento, el Ministerio de Medio Ambiente y la Junta de Andalucía.

En el decimoprimer capítulo: aunque no se puede clasificarlo como un capítulo, aquí se realiza la conclusión del trabajo de dragados portuarios y costeros: una revisión crítica para el golfo de Cádiz.

En el decimosegundo capítulo: por último, aquí dejo una propuesta de estudios futura para su realización por otros futuros ingenieros.

---

2010

## CAPÍTULO II. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS



IYAD S T KHADER

DRAGADOS PORTUARIOS Y COSTEROS:  
UNA REVISIÓN CRÍTICA PARA EL GOLFO DE CÁDIZ  
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS.



## II. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS

### 2.1. EL MAR: UN RETO DE AYER Y DE HOY

En la actualidad, el hombre domina la superficie de la tierra, pero aún no ha conseguido sobrepasar una frontera que se le presenta infranqueable, el fondo subacuático. A pesar de desarrollar modernas embarcaciones capaces de navegar por las superficies marinas o fluviales en las condiciones más adversas, sólo ha descendido unas pocas decenas de metros bajo la superficie del agua y en las escasas ocasiones en que ha conseguido alcanzar zonas profundas, ha sido necesario realizar unas inversiones muy elevadas en comparación con las metas alcanzables.

Se puede afirmar que el mar representa la última frontera que queda por dominar en nuestro planeta. Debido a las características tan especiales que se dan en las obras submarinas, sólo se pueden llevar a cabo con la maquinaria adecuada, de ahí que estas obras no se empezasen a realizar hasta bien entrada la edad moderna, sobre todo con la aparición del vapor como fuerza motriz y de la construcción de barcos con armazones metálicos.

Las obras marítimas de la antigüedad no se podía denominar propiamente operaciones de dragado, ya que su punto de partida era terrestre y se ejecutaban avanzando a cotas superiores del nivel del mar arrojando desde ellas las escolleras que les permitían crear el camino de avance. Sólo en ocasiones muy particulares, como la construcción de algunas dársenas, se realizaba un proceso de dragado y era necesaria la cooperación de cantidades ingentes de operaciones.

### 2.2. EL DRAGADO

El dragado es una excavación técnica bajo el agua que tuvo su origen en las naciones marítimas de Europa y en la necesidad de facilitar la navegación en los canales y puertos importantes para el desarrollo del comercio nacional e internacional.

Se sabe por referencia que los Chinos habían empleado en un remoto pasado, herramientas para dragar, y los Romanos utilizaron la pértiga con saco o cuchara, que más tarde se introdujo en Holanda.

El dragado es la extracción de materiales (fango, arena, grava, etc.) del fondo de los puertos, ríos y canales con el fin de aumentar la profundidad y descargar estos azolves en las zonas de depósito, que puede ser el mar, o utilizarlos en el relleno de áreas bajas, para asiento de instalaciones industriales y de urbanización o simplemente para sanear terrenos pantanosos que originan condiciones insalubres en algunas localidades.

Se puede definir a la draga como una embarcación especialmente dispuesta y con los medios necesarios para limpiar y extraer material del fondo de los puertos, ríos, dársenas, canales, etc.

La profundidad a que debe dragarse un puerto, está subordinada a los navíos de mayor calado que lo frecuenten.

Para fundamentar la necesidad de aumentar el tirante de agua en un puerto, se empieza por obtener para cada lugar en particular, en las capitanías de puerto, las estadísticas de entrada y salida de buques, clasificándolos de acuerdo a sus calados y esto dará la norma para determinar la profundidad de dragado y que generalmente es la que corresponde al calado del 95% de los buques.

La profundidad de dragado de un puerto, también se encuentra influenciada por las características del fondo, oleaje y velocidad de los buques.

Las características del fondo, se refiere al material que forma el lecho del canal para dejar el espacio adecuado entre la quilla del barco y éste. Si el fondo es de material suave como, limo, arena y arcilla, no dañará al buque en cuestión por lo que el espacio puede ser mínimo de 30 cm., aproximadamente. Cuando se trate de fondo rocoso, arenisco o cualquier otro material compactado, es conveniente un espacio de 90 cm., como prevención contra un movimiento marino. Si en el sitio existe oleaje la distancia libre entre quilla y fondo debe ser como mínimo de la cifra anterior, de acuerdo al fondo de que se trate, más la mitad de la altura de la ola.

El factor velocidad también es de consideración ya que un buque navegando produce una depresión (a 6 u 8 nudos, da lugar a una depresión de 70 cm. aproximadamente).

### **2.3. MARCO DE REFERENCIA**

La profundidad es el elemento básico de la infraestructura portuaria, cuando la profundidad se pierde, dicha estructura no puede servir al barco. La profundidad exige un mantenimiento cuidadoso, todos los materiales que se depositan en el fondo deben ser retirados para disponer de las profundidades de proyecto de forma continua.

Los trabajos de dragado para retirar los materiales que se depositan (azolves) significan para algunos puertos, inversiones sumamente cuantiosas, es por eso que la Ingeniería Portuaria da mucha atención al estudio de los fenómenos que producen los azolves y a las soluciones para evitarlos o reducirlos así como encontrar los métodos para retirarlos.

Las técnicas más modernas para la selección de sitios recomendables para los puertos, aconsejan la ausencia de aportes de azolve provenientes de tierra, lo que se consigue en un sitio costero fuera de los causes de los ríos y de las lagunas. En donde se registren los arrastres litorales de menor cuantía posible y que facilite la construcción de obras necesarias para su control. Un puerto diseñado bajo estos conceptos requeriría de inversiones mínimas para el mantenimiento de sus profundidades.

En el pasado cuando no se contaba con equipo de dragado de alto rendimiento y eficiencia, se debieron buscar sitios de abrigo en donde la obtención de la profundidad existente fuera máxima. En esos puertos, entre los que se encuentran los mayores del mundo, en donde la conservación de las profundidades requiere de estudio continuo para tratar de hacer dragados más eficientes para reducir sus costos.

## 2.4. CONCEPTOS BÁSICOS

### 2.4.1. Motivos para realizar un dragado

Las razones generales por las que es necesaria una operación de dragado son fundamentalmente cinco, pudiendo estar combinadas:

1. Excavar el fondo del mar de un río o de un lago. Por ejemplo, en la construcción de nuevos puertos o muelles, para el tendido de tuberías submarinas
2. Rellenar un recinto o espacio, para formar espacios portuarios, rellenos de cimentación de cajones, relleno de zanjas de tuberías, formación de islas y playas artificiales, reposición de arena en playas erosionadas etc.



Figura 2.1. Dragado de arena bocana puerto sherry

3. Reemplazar material, eliminando uno inservible por otro más válido.



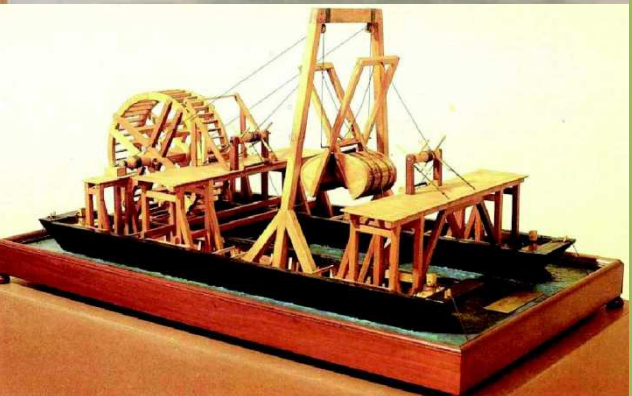
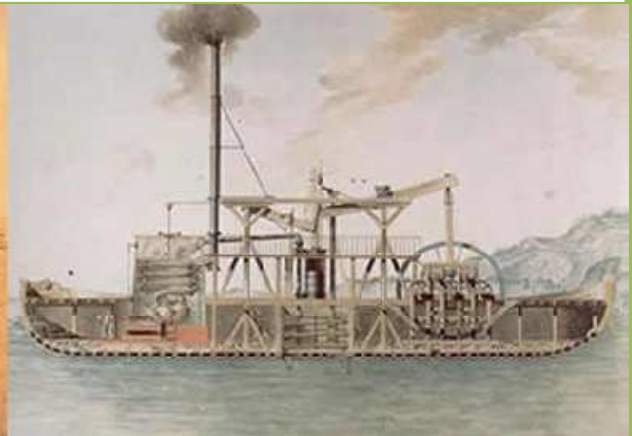
Figura 2.1. Reemplazo de material, eliminando uno inservible por otro más válido

#### 2.4.2. Los principales campos de aplicación son:

- Dragado de mantenimiento de canales de navegación.
- Construcción de terraplenes para la defensa de inundaciones.
- Dragado de canales de redes de drenaje.

# 2010

## CAPÍTULO III. HISTORIA Y EVALUACIÓN DE LOS EQUIPOS



IYAD S T KHADER

DRAGADOS PORTUARIOS Y COSTEROS:  
UNA REVISIÓN CRÍTICA PARA EL GOLFO DE CÁDIZ  
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS.



## III. HISTORIA DEL DRAGADO Y EVALUACIÓN DE EQUIPOS

### 3.1. INTRODUCCIÓN

El mar representa, quizás, el mayor reto que la naturaleza presenta a los esfuerzos del hombre en sus intentos de dominarla; desde la antigüedad todos los pueblos navegantes como las talasocracias mediterráneas y más acusadamente el imperio Romano realizaron esfuerzos ímprobos para vencer su acción destructora, lográndolo en cierto grado dentro de sus posibilidades y quedando algunos de sus puertos como ejemplos de sus realizaciones, que no fueron superadas hasta hace poco más de un siglo.

Pero si la tecnología romana fue capaz de lograr un valladar a la acción destructora del oleaje, en cambio fracasó frente a un enemigo más terrible y silencioso, como fue el de los aterramientos que cegó sus puertos sepultándolos bajo sus acarreos.

A pesar de sus inmensos recursos técnicos y humanos, sus Emperadores tuvieron que abandonar alguno de los más importantes, como fue el más emblemático de todos ellos, el de Ostia, el puerto de Roma, capital del imperio, que nos asombra por sus características, al salir nuevamente a la superficie al ser excavados sus restos.

Desde la caída del Imperio romano, hasta la revolución industrial al principio de la época contemporánea, el hombre no puede resolver este problema, a pesar de los esfuerzos de las diferentes naciones y personajes tan inteligentes y emblemáticos como Leonardo, Juanelo Turriano, Besson, Tacola ,etc., durante el Renacimiento y Belidor, etc., en la Ilustración.

Tan sólo la aplicación del vapor como fuerza motriz y la construcción metálica a los barcos, permitió disponer de artefactos poderosos capaces de luchar con éxito contra el cáncer que los aterramientos suponían para los puertos.

Desde entonces se ha producido un desarrollo continuo hasta hoy día, construyendo equipos de diversos tipos, que quizás sean los artefactos más poderosos y costosos que el ingenio utiliza en sus obras de infraestructuras.

Al mismo tiempo se ha ensanchado el campo de trabajo del conjunto de actividades que pueden englobar dentro de lo que se conoce como dragado que hoy en día engloba además del objetivo primitivo de las operaciones de limpieza de los aterramientos, otra serie de trabajos, tan importantes como son la regeneración de las playas, creación de terrenos, cimentación y relleno de muelles, obras submarinas, etc., que en conjunto suponen una actividad que desborda ampliamente el objetivo primitivo.

La capacidad, resultados económicos y características de estos modernos equipos han permitido acometer una serie de trabajos, en un medio tan hostil como el mar, en zonas expuestas a los oleajes alcanzando profundidades superiores a los 1000 m en algún caso que eran impensables hasta hace pocos años, al tiempo que pueden aportar un volumen de productos que permite ganar al mar las superficies terrestres necesarias que no se disponen en las costas; en conjunto han abierto a la ingeniería portuaria unas posibilidades que han hecho cambiar, en parte, en muchos puertos la planificación de sus infraestructuras.

Por eso creo firmemente que el conocimiento del arte del dragado tan indispensable como el de las obras de diques, por ejemplo; cierto que España, por las características de sus costas, no han sido tradicionalmente un país dragador, pero con las nuevas aplicaciones de su técnica, han variado drásticamente la cuestión, por lo que es indispensable para un ingeniero experto en ingeniería marítima el conocimiento del conjunto de actividades del dragado: equipos y formas de trabajo, conocimiento del medio donde debe trabajar y organización del trabajo.

Como colofón a estas ideas, solo digo que esta pequeña introducción a este trabajo quiere por un parte presentar la evolución a lo largo del tiempo de los equipos y técnicas del dragados y por otra ser un homenaje a los hombres que dedicaron su inteligencia y esfuerzo, en todas las facetas de su actividad desde la inteligencia que proyectó los equipos hasta el último tripulante u obrero, el progreso y desarrollo de Arte del dragado.

## **3.2. DESDE LA ANTIGÜEDAD AL SIGLO XIX**

### **3.2.1 Desde la antigüedad al siglo XVI**

Desde la antigüedad de las sociedades civilizadas, el hombre trata de dominar las condiciones de su entorno y mejorar sus condiciones de vida y entre las primeras obras que acomete figuran la construcción de canales de regadío y vías fluviales; con medios primitivos, pero ingentes masas de hombres y con la muerte de cientos de miles de ellos, tanto en China, como en Oriente Medio, o Egipto, excavan numerosos cauces o mejoran los existentes, como por ejemplo el gran canal del Faraón Neco II, que seiscientos años antes de Cristo, unió el Mar Rojo con el Mediterráneo a través del Nilo, permaneciendo abierto hasta seis siglos después de Cristo.

Pero todas estas obras fueron realizadas en tierra firme, y cuando quisieron disponer de puertos marítimos, lo hicieron a base de avanzar sobre el mar desde tierra firme, y tanto los egipcios, como fenicios, cartagineses, y especialmente romanos, construyeron algunos que son un ejemplo del ingeniero y del esfuerzo humano.

Si en este aspecto, lograron éxitos indudables y muy superiores a lo que por sus medios materiales y tecnología era de esperar, fracasaron en cuanto tuvieron que luchar con los aterramientos marítimos o fluviales, teniendo que cerrar alguno de sus puertos, como sucedió con el de Ostia, entrada de Roma y teóricamente el más importante del Imperio Romano debiendo abandonarlo a pesar del genio constructor romano y de los esfuerzos de los emperadores Claudio y Trajano por mantenerlo abierto, en contra el consejo de los ingenieros imperiales, estando sus restos actualmente sepultados por los acarreo marítimos y del río Tiber.

La caída del Imperio Romano llevó consigo la desaparición de la construcción de grandes obras publicas como son los puertos, e incluso ni siquiera se conservaron los existentes.

Tan sólo a partir del segundo milenio empiezan los balbuceos de una nueva era en este aspecto de la vida y entre ellos debe destacarse en estas épocas la actividad de los pueblos de los Países Bajos entre el Escalda y el Elba, donde con un tesón y unos esfuerzos admirables fueron ganando tierra al agua, a base de extraer el producto de los ríos y canales que cruzan el territorio, vertiéndolos sobre las zonas altas elevando su cota y volviendo cultivables las tierras ganadas, moviendo masas ingentes de productos.

Utilizaron fundamentalmente la pala manual formada por una hoja más o menos curvada dotada de un largo mango, sustituyendo en las zonas fangosas la hoja por una especie de saco de cuero que recogía más producto.

Esta herramienta llamada ``bag and spoon``, ha llegado hasta el siglo XX, utilizada en diversos países del Norte de Europa, también utilizaron una especie de dragalinas primitivas sacando el producto a los bordes de los canales; finalmente aprovecharon las fuertes corrientes producidas por los ríos y la vaciante de sus grandes mareas provocando la remoción de los fangos, utilizando diferentes medios, destacando lo que puede ser considerado como el primer artefacto de dragado , llamado Krabbelcar, conocido desde principios de 1400 y que consiste en un barco de vela dotado en su fondo de un rastrillo con rejas que iba abriendo surcos poniendo en suspensión el fango que era arrastrado por las corrientes.

A partir de entonces puede considerarse que ha nacido el Arte del Dragado.

La necesidades crecientes de aumentar los terrenos disponibles en las zonas cercanas a los puertos, así como las de incrementar los calados de las vías de navegación fluvial y de los canales, fueron impulsando el desarrollo y perfeccionamiento de medios y métodos de dragado y, al final de esta época, se puede decir que comienza el moderno desarrollo del arte del dragado.

Anteriores al siglo XVII cuando prácticamente sin maquinaria adecuada los medios utilizados al principio fueron herramientas rudimentarias de madera y posteriormente de hierro, en estas obras de dragado se empleó fundamentalmente la pala dotada de un largo mango para poder alcanzar los fondos.



**Figura 3.1. Bag and Spoon 1**

En los terrenos blandos fangosos se sustituía la hoja por una especie de saco para retener el producto. Estos instrumentos han perdurado a través de los tiempos hasta hoy día, en la forma llamada ``bag and spoon ´´, que podía verse hasta hace pocos años en diversos ríos y puertos europeos.



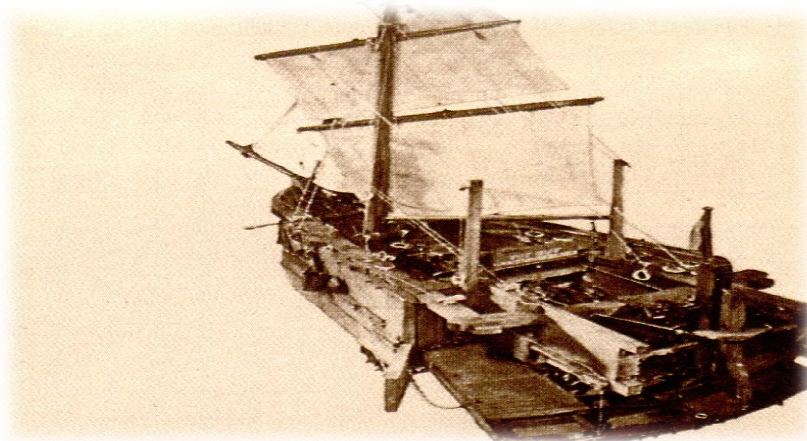
**Figura 3.2. Bag and Spoon 2**

Así mismo se utilizaron rastrillos, rascas o cuchillos en forma de dragalinas, especialmente en ríos y canales de no mucha anchura.



También se emplearon las técnicas de remoción de fango mediante arados en canales y pequeños cauces, o usando almadías de grandes troncos en los ríos caudalosos que, al ser arrastradas por la corriente, iban abriendo surcos, rompiendo el terreno que se llevaba la fuerza de aquella.

Esta forma de trabajo dio origen a lo que puede considerarse como primera máquina de dragado.



**Figura 3.3. Krabbelaar**

Consiste en un barco dotado de un rastrillo con rejas en su fondo en forma de arado, que removimiento los terrenos.

Un artefacto de este tipo es el llamado Kraggelaar o Krabbelaar, usado ya en Middleburgh (Holanda) en 1435, ya que siguió utilizándose hasta el siglo XIX.

### **3.3. DESDE EL RENACIMIENTO HASTA LA ILUSTRACIÓN (SIGLOS XVI Y XVII)**

#### **3.3.1. El Renacimiento**

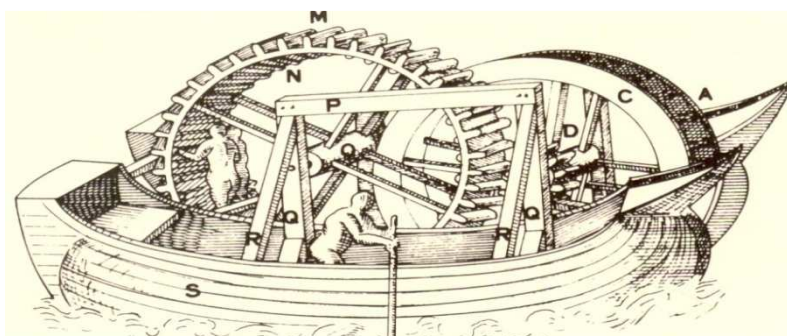
A partir del siglo XVI, todo el despertar del ingenio e inventiva humana que produjo en Europa en este periodo, incide de forma destacada sobre la concepción y diseño de artefactos dragadores.

Muchos de los genios constructores de entonces – Leonardo, Fortuna, Besson, Verantius, etc. idean diferentes artefactos, y entre todos ellos debemos destacar en primerísimo fila el desconocido autor español o al servicio de España del famoso Códice de Juanelo Turriano, que en sus libros 19 y 20 se puede considerar como el primer tratado en el tiempo y en el conocimiento de obras marítimas, anticipándose en muchas de sus concepciones en más de dos siglos sobre sus contemporáneos.



Todos los artefactos de esta época están movidos a mano , contruidos en madera, utilizando poleas , engranajes, etc., para aumentar la fuerza aplicada; entre los diversos equipos que aparecen, palas, cucharas, rascas, ruedas dentadas de excavaciones, perforadoras, etc., que no es posible presentar y menos describir en un trabajo como éste

sólo resaltamos entre los artefactos dragadores, por el avance técnico respecto a su tiempo que se detalla con magníficos dibujos y explicaciones en Códice de Juanelo-la cuchara de doble efecto, con una concepción que hasta el siglo XIX no vuelve a utilizarse; el gánguil de fondo abierto del mismo autor, que lo dibuja y describe hacia 1568 y que los ingleses mantenían, hasta hace poco tiempo, que había sido un invento, doscientos años más tarde, de su compatriota Lydell en 1753; y las dragalinas y las dragas de pala utilizadas en Holanda, donde se aplica la utilización de poleas y cabrestantes multiplicando su potencia y efecto.

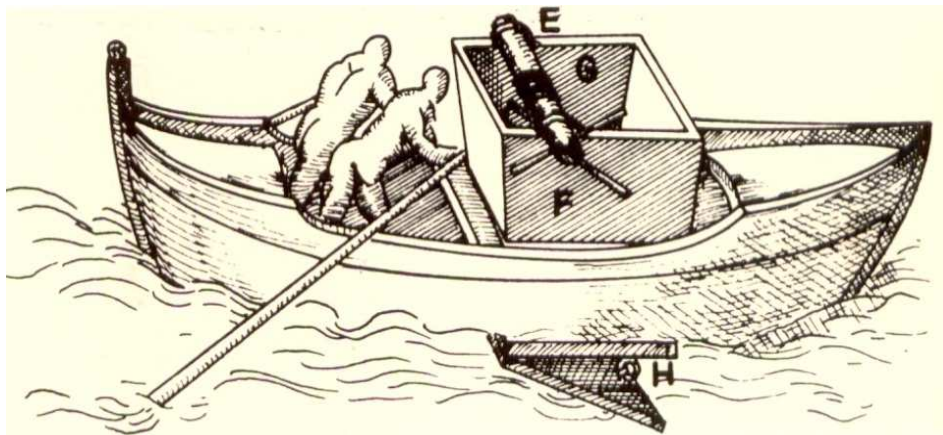


**Figura 3.4. Diseño de una draga movida por medio de una rueda de pisar de Juanelo Turriano. “ Los Veintiún Libros de los Ingenieros y de las Máquinas “. Finales del siglo XVI**

A partir de la primera mitad del siglo XVII, comienzan a presentarse las necesidades de dragado para las obras de construcción de puertos, limpieza de los aterramientos de canales y vías de navegación, construcción de cimentación de puertos, esclusas, etc. Tanto en Holanda como Inglaterra, Francia e Italia, como en España, etc. Hay datos y referencias de obras y dragados, pudiendo citar en España a partir del final del siglo XVII, la continúa limpieza del Mandracho de Cartagena, del puerto de Barcelona, de obras en el ría de Bilbao, entre otros.

En la primera mitad del siglo XVII, aparece en Holanda – y después en Europa- un artefacto llamado Mud-Mill, que fue decisivo en el dragado de los aterramientos y que puede considerarse como el verdadero antecesor de las dragas de rosario.

Consistía en un rosario o cadena sin fin, formada por placas curvas ( el cangilón es de épocas posteriores). Que extraía el producto del fondo mediante el movimiento producido por el giro de dos ruedas aplicadas al extremo superior de la escala, movidas por la acción de hombres que caminaban sobre ellas.



**Figura 3.5. Dragas de pala y gánguil de Juanelo Turriano. “los Veintiún Libros de los ingenios y de las maquinas”. Finales del siglo XVI**

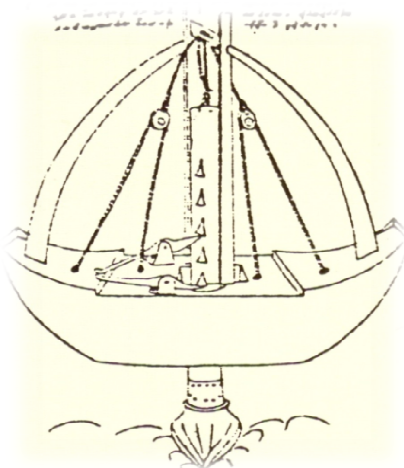
Con el tiempo, fueron mejorándose sus características aplicando la fuerza animal en sustitución de la humana realizando la transmisión mediante engranajes, siendo su prototipo el llamado Amsterdamois que dio grandes resultados, manteniéndose su utilización durante más de dos siglos, compitiendo incluso con las primeras dragas de rosario a vapor.

Durante el resto del siglo XVII, siguieron utilizándose los mismos equipos, más o menos perfeccionados, debiéndose destacar un artefacto prácticamente con la misma tecnología y antecedentes de las modernas plataforma de perforación.

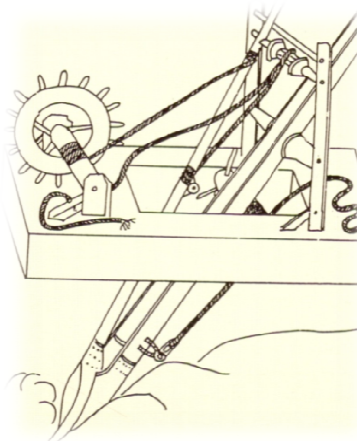
### 3.3.2. Principios del siglo XVI

#### 3.3.2.1. Primeros Equipos

En el siglo XV, hacia 1420, en un manuscrito de Fontana aparecen dos equipos, uno de rompe suelos (Fig. 6) y otro de pala excavadora



**Figura 3.6. Rompedor Fortuna**



**Figura 3.7. Dragas de pala Fortuna**

El primero consiste en una barcaza que lleva instalado un fuerte pescante de donde cuelga un pilón, que pasa a través de un pozo central, pudiendo elevarse y descargar sobre el fondo. Aunque no se sabe si se utilizó en la práctica, la idea es similar a la utilizada en los romperrocas del siglo XIX.

En cambio la idea de la pala excavadora, aunque revela el ingenio del autor, parece más un elucubración sin aplicación práctica.

### 3.3.2.2. Leonardo da Vinci

Verdadero genio del Renacimiento, Leonardo dibujó diferentes artefactos de dragados, entre ellos figura una draga de noria (fig. 8) formada por una rueda de cuatro aspas que giraban por la fuerza de la corriente, llevando unos cazos en el extremo de las aspas; la rueda iba montada sobre dos embarcaciones ancladas en el río y utilizaba unas barcasas para cargar el producto: (manuscrito E75H).

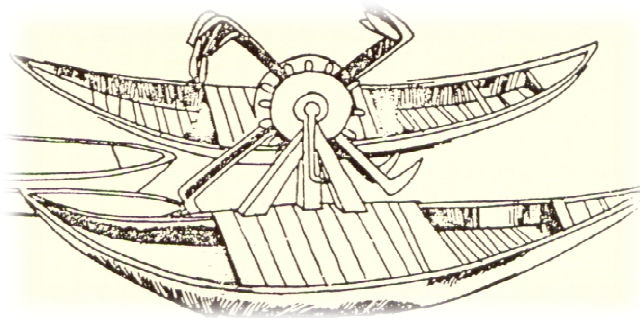


Figura 3.8. Draga de Noria de Leonardo

También dibuja una cuchara (fig. 9) formada por brazos articulados (Códice Atlántico).

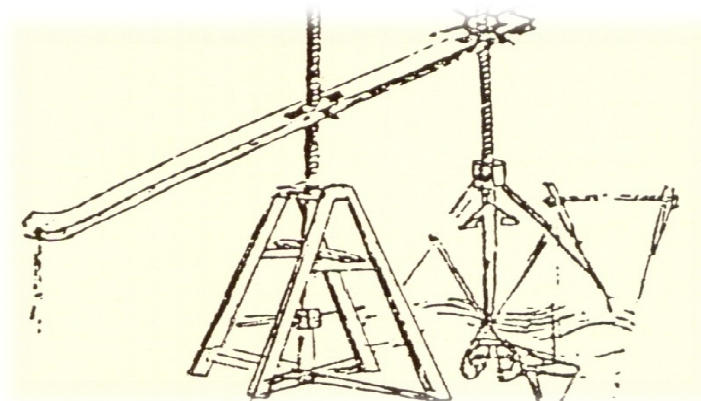


Figura 3.9. Draga de cuchara de Leonardo.

También Leonardo dibujo una dragalina (fig.10) montada sobre una barcaza anclada. Son artefactos teóricos, sin utilidad práctica el primero de ellos, (la draga de noria).



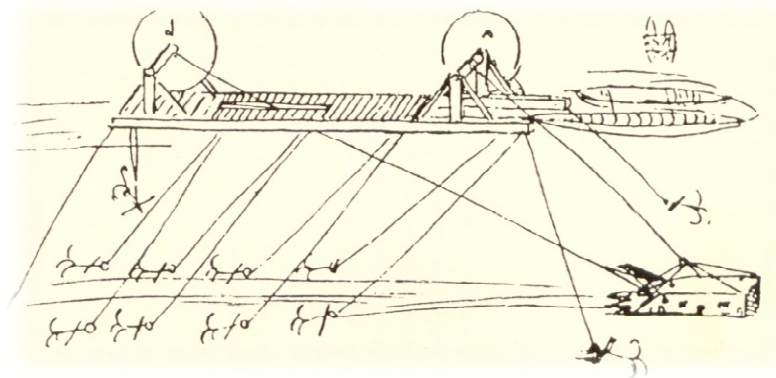


Figura 3.10. Dragalina de Leonardo.

### 3.3.3. Segunda mitad del siglo XVI.

Aparecen multitud de artefactos, algunos de ellos muy útiles para el trabajo, que operan con gran ingenio, utilizan la fuerza humana, introduciendo en algunos de ellos la transmisión por ruedas. Los más interesantes se describen a continuación.

#### 3.3.3.1. Holanda

A mediados del siglo, en 1565 ya hay unos dibujos de una pala utilizada en el país y especialmente una dragalina llamada la Taupe (fig.11) que se empleaba en la limpieza de canales y cursos fluviales de no mucha anchura.

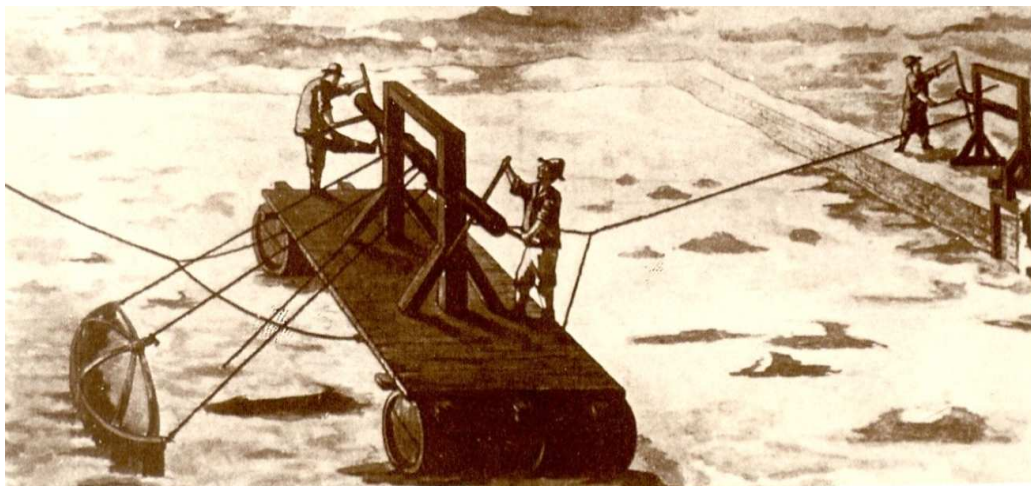


Figura 3.11. La Taupe

En la obra de Olaus Magnus se cita y figura dibujada una especie de Rosca o dragalina (fig.12) constituida por un rastrillo de garras de hierro que se movía mediante un cabestrante situado en las orillas de los cursos de agua. Se utilizaba hacia 1555.

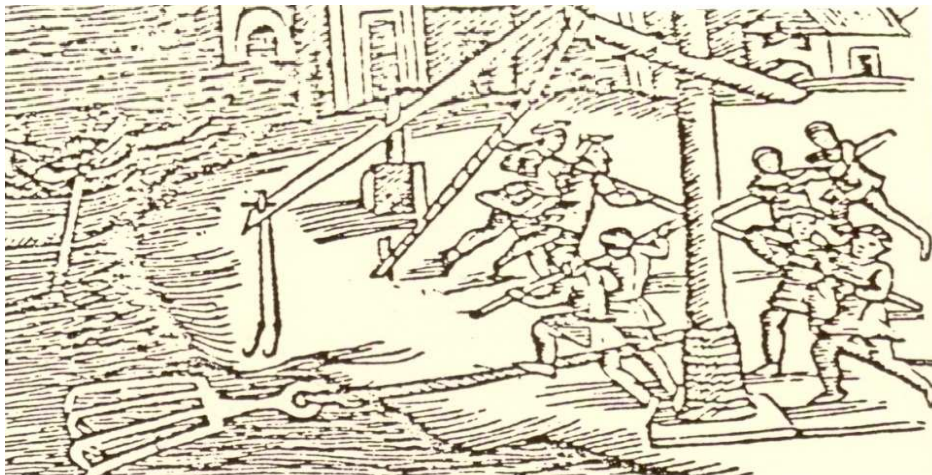


Figura 3.12. Roca Olaus Magnus

### 3.3.3.2. Juanelo Turriano

Como se indicó anteriormente, parece que hacia 1568 se escriben los diferentes capítulos de este código por autor o autores no determinados y recogidos por Juanelo, según lo cita Gaspar de Mora al dedicarlo al Rey Felipe IV.

#### 1. Draga de pala

Consta de una pala con un largo mango que puede deslizarse y girar para llegar a los fondos; se mueve por la fuerza de dos hombres. (fig.13).

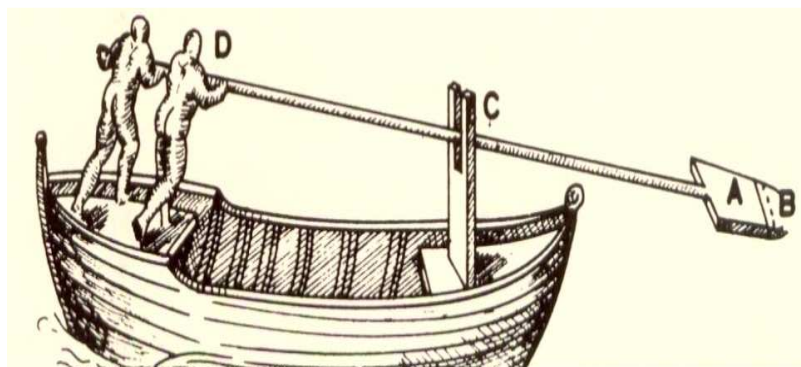


Figura 3.13. Draga de pala de Juanela

#### 2. Gánguil de fondo abierto

Es uno de los artefactos más importantes ya que se adelanta en dos siglos a lo que se conocía hasta este momento. Se pierde posteriormente su utilización (fig.14).



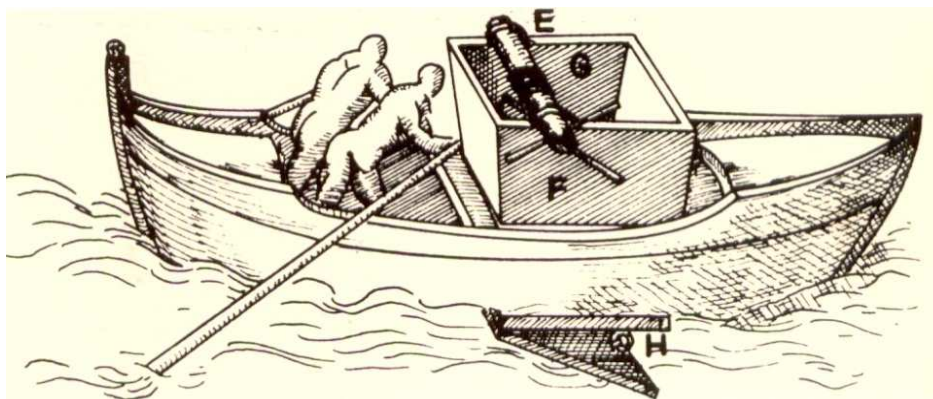


Figura 3.14. Gánguil de Juanelo

### 3. Cuchara de doble mando

Es un instrumento interesantísimo ya que, como puede verse en la figura 15, utiliza una tecnología revolucionaria para su época; podría abrirse con independencia del cable de suspensión y, además, operar con una grúa giratoria como la que aparece en la figura 16, con una posibilidad de movimientos desconocidos para artefactos de la época como los de Leonardo, Verantius, etc.

También se pierde el conocimiento de esta cuchara, no apareciendo una tecnología similar hasta bien entrado el siglo XIX.

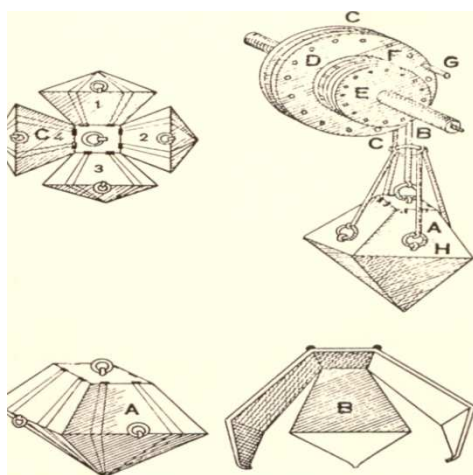


Figura 3.15. Draga de cuchara de Juanelo

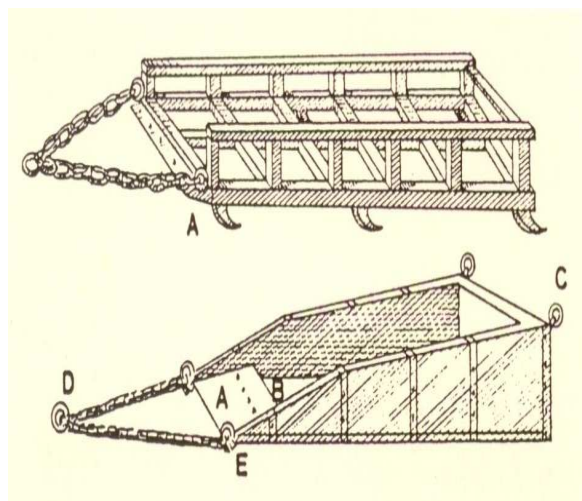


Figura 3.16. Rasca de Juanelo

#### 4. Dragalina y Grúa giratoria flotante

La grúa es otro de los artefactos que aparecen en el Códice y es un instrumento que permite trabajar con libertad en el agua; en el tratado está descrito su funcionamiento y componente; a la dragalina la llama roba o robadera y se usa con la grúa; indica que era común en Alemania y otros países. En otras partes del Códice describe diferentes tipos (fig.16 y 17).

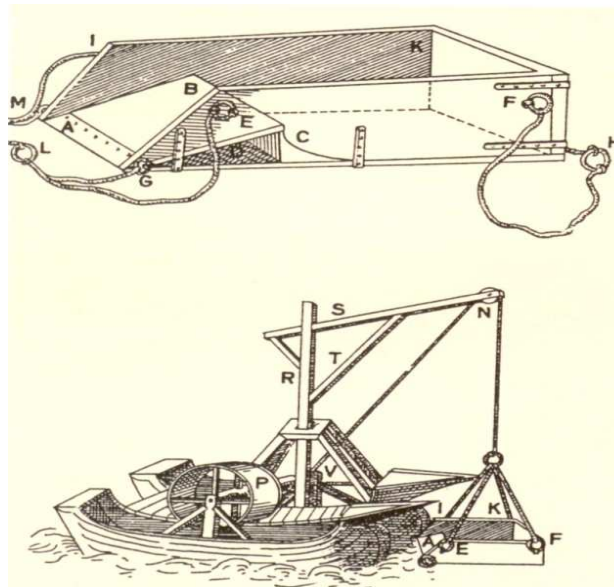


Figura 3.17. Grúa y Rasca de Juanelo

#### 5. Draga de rueda

Es una draga de rueda o noria, movida por una rueda que utiliza la fuerza humana, a base de dos hombres que suben por los peldaños de la rueda auxiliar (fig.18).

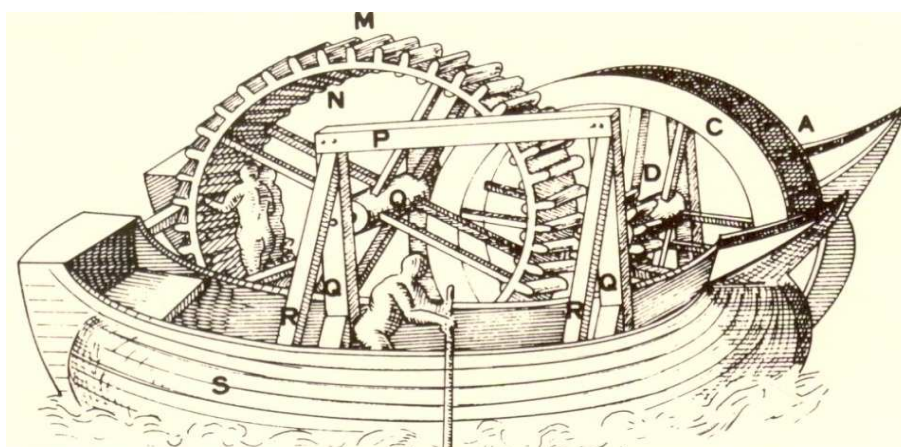


Figura 3.18. Rueda de Juanelo

La rueda excavadora vierte en un gánguil situado en dirección normal a la rueda. Ambas ruedas van montadas sobre dos embarcaciones separadas para permitir el paso de aquellas; su altura o, mejor dicho, la profundidad de excavación puede regularse mediante una serie de apoyos sobre unos montantes situados en las embarcaciones citadas, que pueden elevarse o descender según sea la deseada profundidad de dragado (fig.19).

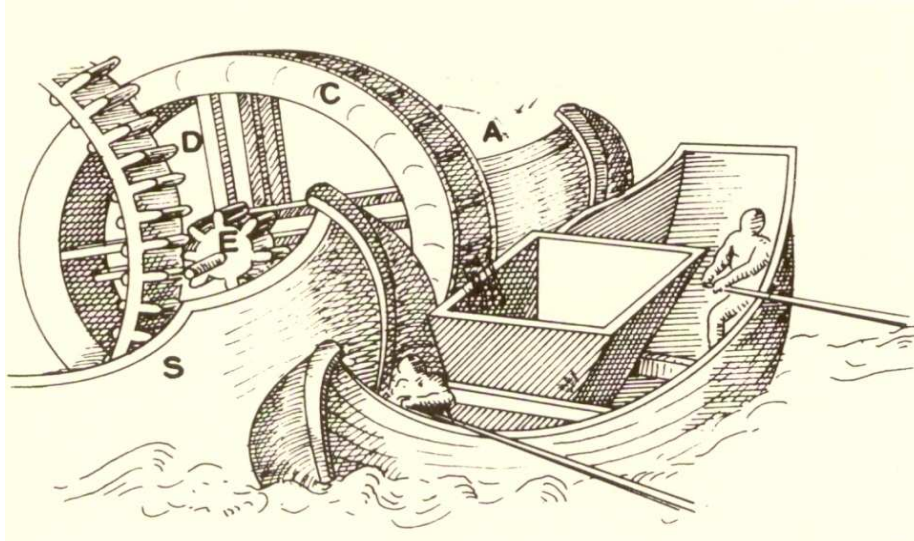


Figura 3.19. Rueda de Juanelo

## 6. Perforadora de terrenos duros

Consiste en una fuerte barrena, montada sobre una plataforma que va en dos barcos amadrinados entre sí. La barrena gira por una palanca movida por fuerza humana (fig.20).

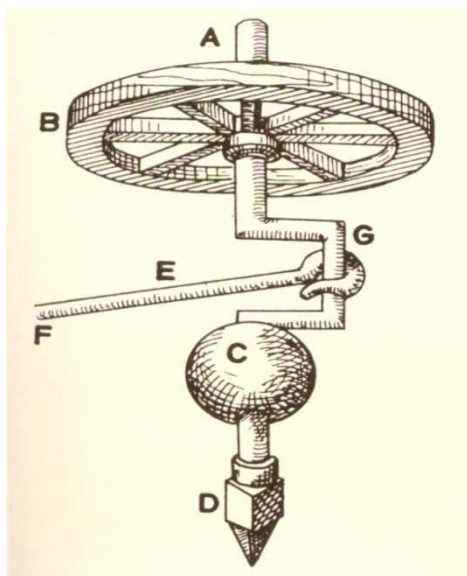


Figura 3.20. Perforador de Juanelo

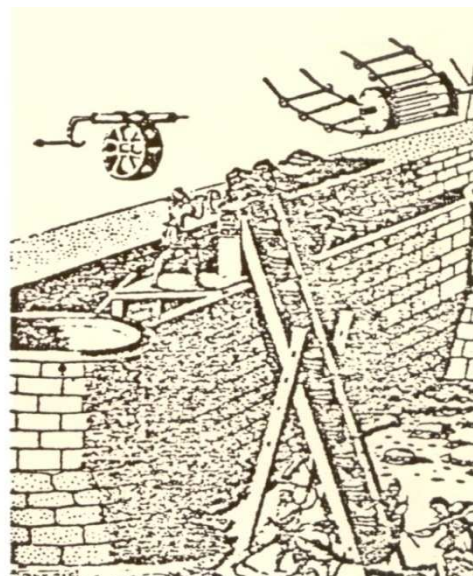


Figura 3.21. Erd Pater Noster de Besson



### 3.3.3.3. Diego Besson

En su famoso `` Teatro de máquinas ``, publica varias máquinas y artefactos interesantes.

#### 1. Erd Pater Noster

Es un rosario de cangilones para elevar tierra de excavaciones (este mismo artefacto puede verse en un cuadro genovés sobre la construcción del Mandraccion del puerto de Génova (fig.21).

#### 2. Draga de pala

Es el tipo de, que ya hemos hablado sobre él anteriormente, `` bag and spoon `` utilizada en Países Bajos y en general en todos los países europeos de la época (fig.22).

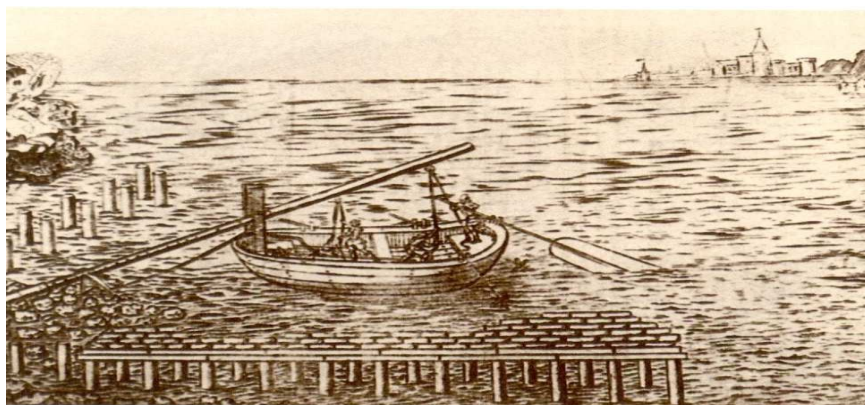


Figura 3.22. Draga de pala de Besson

#### 3. Dragalina

Es prácticamente igual a la Taupe holandesa que se describió anteriormente, aunque le faltan algunos tirantes de tracción que lleva esa (fig.23).

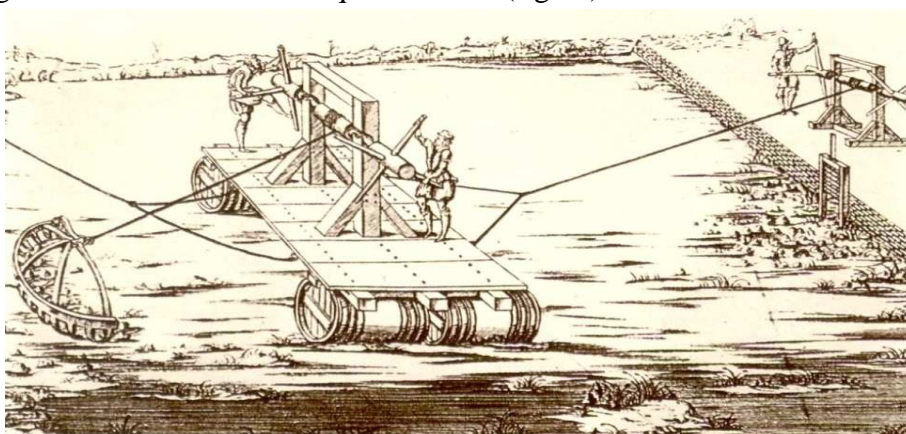


Figura 3.23. Dragalina de Besson

### 3.3.3.4. Verantius

En 1591 idea una cuchara sobre dos embarcaciones, que figura posteriormente en un dibujo holandés con el nombre de `` Machina Fundum Maris Purgans `` de 1617, aunque no muestra como podía verter sobre las barcazas de transporte. Parece que lo hacía por debajo del travesaño de unión posterior, penetrando la barcaza hasta debajo de la cuchara. (fig. 24).

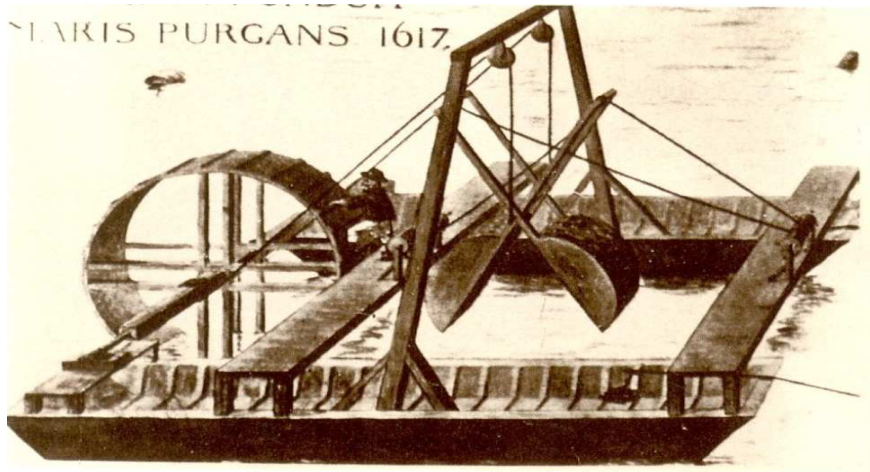


Figura 3.24. Draga de cuchara de Verantius

### 3.3.3.5. Holanda al final del siglo

A final del siglo aparece por un lado una draga de pala que utiliza un aparejo sobre la embarcación (fig.25).

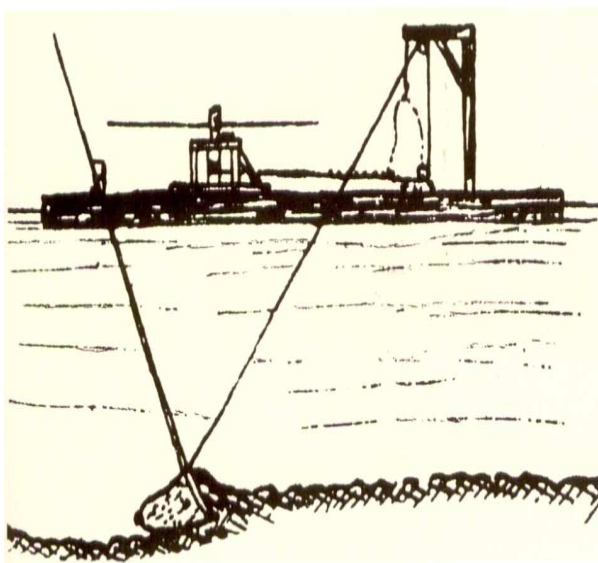


Figura 3.25. Draga de pala holandesa

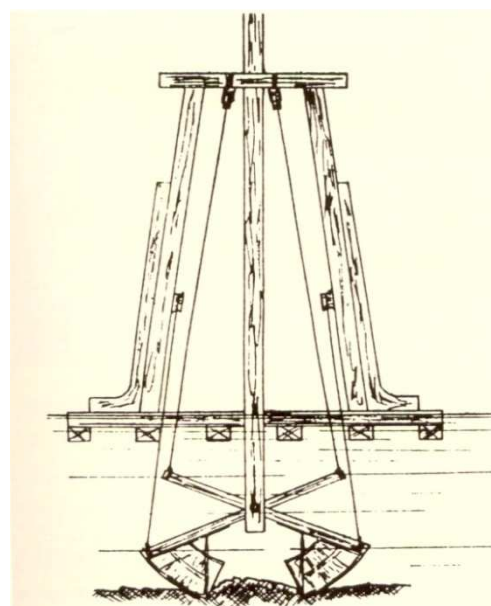


Figura3.26. Draga de cuchara

También se conoce un dibujo de una cuchara sobre una plataforma con doble aparejo de elevación y cierre (fig.26).

### 3.3.4. Siglo XVII

#### 3.3.4.1. Generalidades

En este siglo se produce el gran desarrollo de las flotas comerciales y de guerra holandesas, inglesas y francesas y, con ello la necesidad de mejorar las condiciones de los puertos y vías de acceso marítimo y fluviales, por lo que el dragado se va convirtiendo, poco a poco, en una actividad de primera importancia dentro de la técnica de ingeniería portuaria, ya que las instalaciones están amenazadas por los aterramientos tanto fluviales como marítimos.

#### 3.3.4.2 El Mud-Mill

En el primero tercio de siglo, se utiliza en Holanda un artefacto que tuvo una actuación decisiva en los dragados de sus puertos y canales y más tarde en los del resto de Europa: es el llamado Mud-Mill, que realmente puede considerarse como el verdadero antepasado de las dragas de rosario (fig.27 y 28).

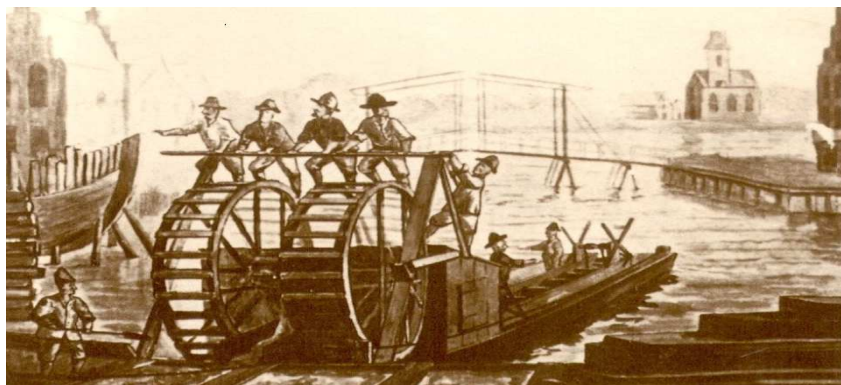


Figura 3.27. Mud-Mill, holandés (1)

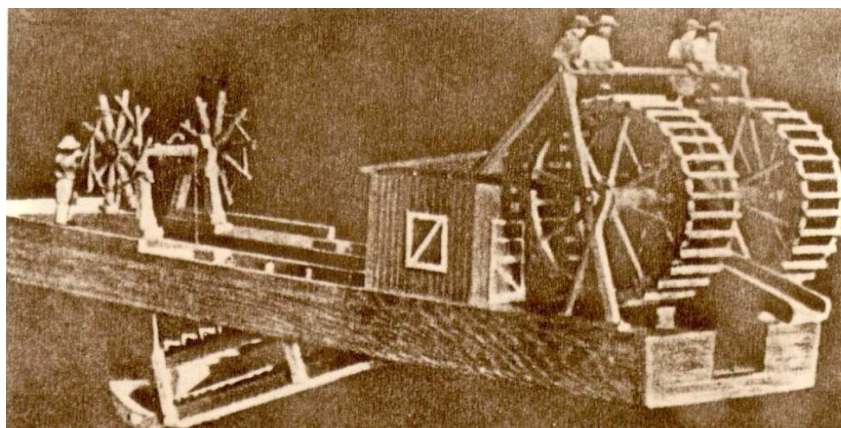


Figura 3.27. Mud-Mill, holandés (2)



El artefacto consistía en un rosario o cadena sin fin de placas curvas (el cangilón surge en una época posterior) que corre sobre una escala, girando sobre un eje fijo superior y colgando de un tambor en el otro extremo, permitiendo alcanzar diferentes profundidades según se necesite.

El conjunto va montado sobre dos pontones o barcazas dejando un pozo centra, que van unidas en sus extremos para dar rigidez al conjunto. En la figura adjunta y en la maqueta pueden advertirse claramente su concepción y forma de trabajo.

### 3.3.4.3. El empleo de fuerza animal

Con el tiempo se van mejorando las características de las máquinas y se produce una innovación decisiva en la tecnología, como es la utilización de la fuerza animal en sustitución del hombre, consiguiéndose-aparte de la mejor de las condiciones del trabajo humano- un aumento extraordinario de rendimiento y potencia.

La transmisión se hace mediante engranajes, modificando la dirección de la marcha del rosario y además, a bordo, se dispone de un equipo de reserva de animales de tiro, que permite trabajar sin interrupción. Un artefacto de este tipo de es el llamado Amsterdamois (fig.28-29).

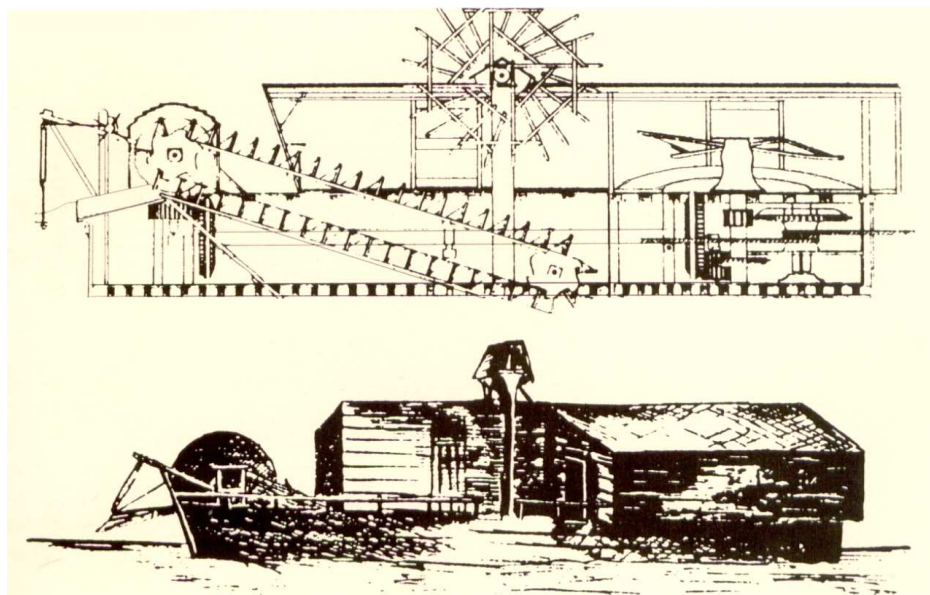


Figura 3.28-29. Amsterdamois

Estos equipos dieron un gran resultado, perdurando su utilización hasta muy entrado el siglo XIX y llegando a competir con las primeras dragas de rosario a vapor, en los puertos holandeses y alemanes.

### 3.3.4.4. La segunda mitad del siglo XVII

En la segunda mitad del siglo, siguen usándose prácticamente los mismos tipos de maquinas y muchas de las que aparecen en los tratados incluso utilizan a veces los mismos dibujos que los de los autores anteriores; está en todo su apogeo el Mud-Mill de fuerza animal, para remoción de fangos; se siguen utilizando el Krabbelaar, de casi dos siglos antes; las palas del tipo ´bag and soon´; las dragas de pala con sistema de polea para elevación, etc....

Entre los muchos tratados y o libros que versan sobre anteproyectos y métodos de trabajo, citamos aquí los de Meyer y Bouillet.

#### 3.3.4.4.1. Cornelis Meyer

Fue un ingeniero holandés al servicio del Papado en las obras de Roma y de su entorno; escribió un famoso libro, ´L'Arte de restituir a Roma la traslaciata Navigazione del sue Tever´, en 1685, donde aparte de equipos y trabajos hidráulicos, se describen otros, muy interesantes, dedicados de las obras de limpieza y dragado de los canales y ríos (fig.30).

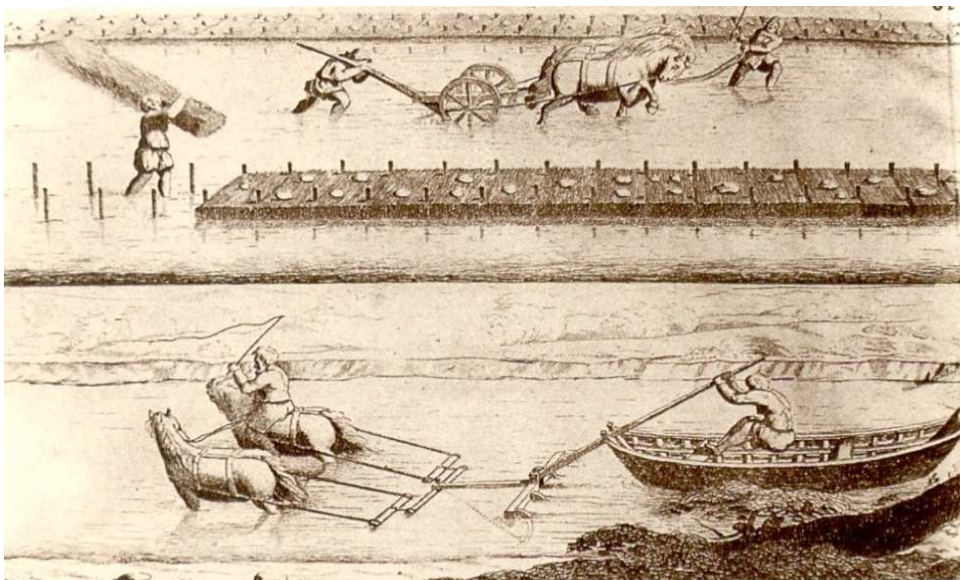


Figura 3.30. Remoción fondo de Meyer

También al empleo de cazos tipo ´bag and spoon´(fig.31). En uno de los dibujos, figuran los sistemas de encauzar los cursos de agua y de limpiar los fondos removiéndolos mediante rejas o arados tirados por caballerías.

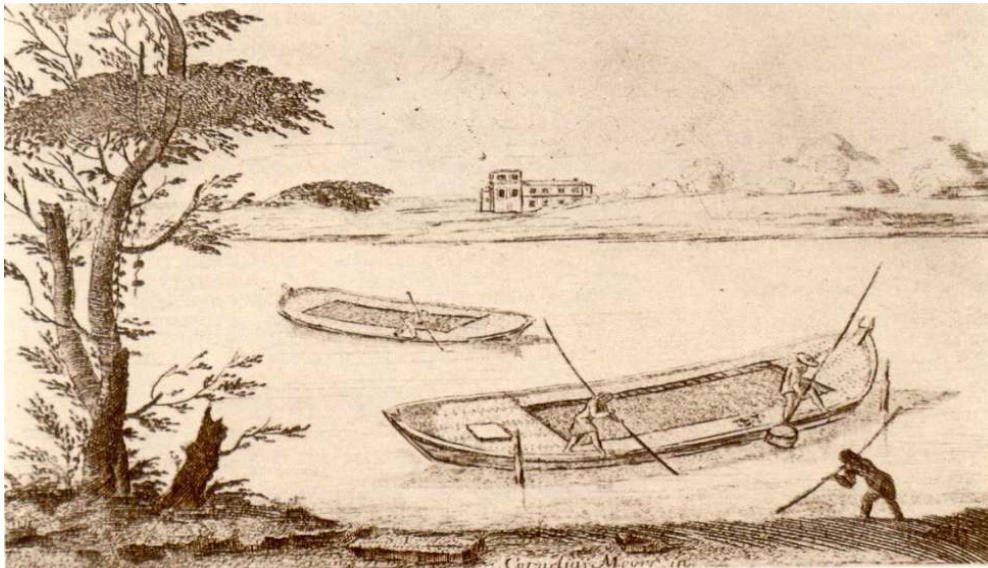


Figura 3.31. Bag and Spoon Meyer.

El dibujo más interesante es el que muestra diversos sistemas de dragado (fig. 32); por un lado, el que aparece con la letra C, muestra un equipo de dragado de pala con un cesto en su extremo para fangos y terrenos blandos, y en la popa del barco movido por velas, un dispositivo de remoción de fangos mediante una raedera o rastra.

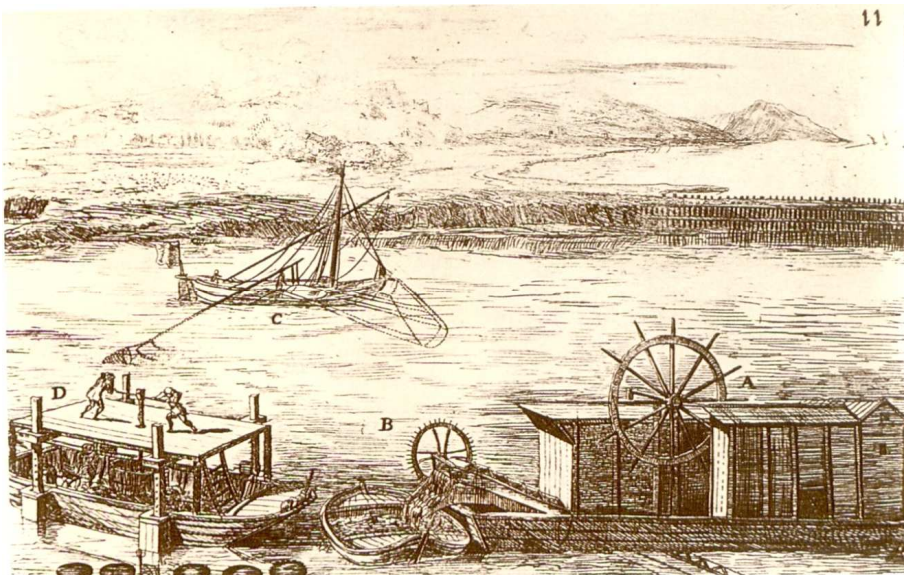


Figura 3.32. Varios artefactos de Meyer

Con la letra A, figura un Mud-Mill con su cubierta del que sólo se ven la rueda (Treadwheel) y el extremo del rosario.

Puede comprobarse que el dibujo es el mismo que se cita en el apartado 3.3.4.3. al hablar de la aplicación de la fuerza animal a los equipos, cosa que lógica siendo Meyer un ingeniero holandés que fue llamado como experto a Roma.



Señalada con la letra B, una barcaza de transporte de fondo cerrado, que debía descargarse a mano.

Con la letra D, se presenta un equipo interesantísimo para perforación en suelos duros. El artefacto consistía en una barcaza o ponton que llevaba en el centro un pozo; en las bandas de ambos lados se fijaban cuatro fuertes patas con una serie de orificios para poder fijar pasadores a varios niveles, se podía situar una plataforma a diferentes alturas y colocar en ella una rueda con brazos para poder girar un robusto árbol, que era fijado sobre la plataforma y la barcaza, y que llevaba en su extremo una broca o barrena para perforar el fondo.

El equipo demuestra un gran ingenio y una tecnología avanzada para su época, aunque se estima que, debe señalarse el artefacto descrito en el Códice de Juanelo Torriano, y sin duda es el predecesor de las modernas plataformas de perforación.

### **3.4. LA ILUSTRACIÓN**

#### **3.4.1. Primera mitad del siglo**

##### **3.4.1.1 Nuevos artefactos. (La academia francesa)**

Se incluye en este período prácticamente todo el siglo XVIII ya que, hasta finales del mismo, no aparece la aplicación del vapor de manera práctica a los artefactos dragadores, ni tampoco comienza en él la otra gran innovación que fue la construcción metálica en los barcos y artefactos flotantes.

Estimulados por las academias de los diferentes países, ingenieros, científicos, marinos, expertos en diversas materias, etc. Dedicaron su ingenio a idear nuevos artefactos o a la aplicación de ideas y mejoras técnicas a los artefactos existentes para aumentar sus rendimientos y eficacia.

Las máquinas utilizadas van generalizando el uso de la fuerza animal en los casos en que es posible -como en las dragas de placas manteniendo la fuerza humana en las restantes, si bien perfeccionando los medios de transmisión de la fuerza tales como engranajes, ruedas, cabrestantes, ejes, etc.

##### **3.4.1.2. Dragas de placas. Natrus**

Se perfeccionan y se hacen más poderosas las dragas de placas de fuerza animal, pudiendo citar entre otras la de Natrus (fig.33).

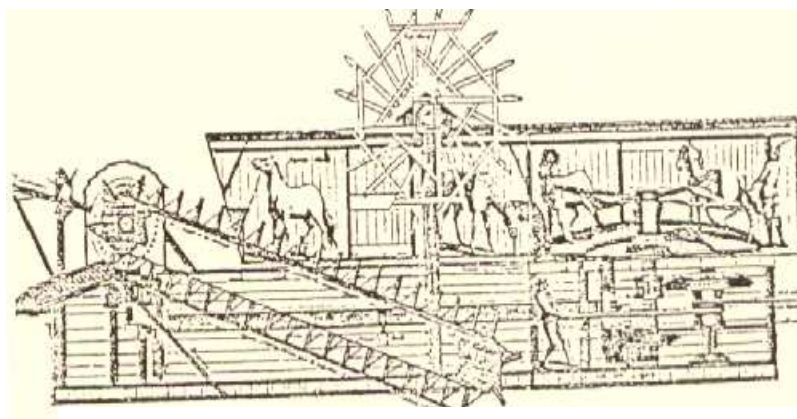


Figura 3.33. Dragas de placas Natrus

### 3.4.1.3 Dragas de pala francesas

Un artefacto muy utilizado en los puertos franceses fue la draga de pala movida por ruedas (fig.34) con fuerza animal; Belidor y otros autores franceses la citan como utilizada ya en 1718 en Tolon y Brest, sin dar datos sobre su aparición.

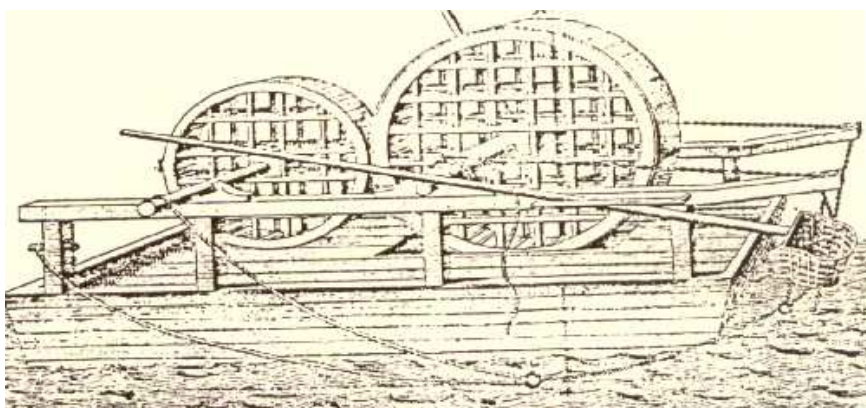


Figura 3.35. Draga de pala Tolon.

Este tipo de dragas disponía de dos ruedas, una para la maniobra de excavación y elevación de caza y otra para su retroceso al punto del dragado. La (fig.36) a corresponde M. de la Balme, para proponer la mejora de dejar sólo una rueda, mediante un mecanismo de retroceso de la misma sobre una cremallera.

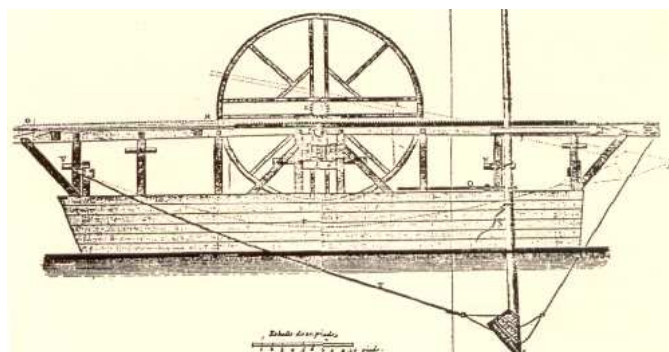


Figura 3.36. Draga de pala de M. Balme

Esta propuesta de 1718 a la Academia no debió tener éxito puesto que, treinta años más tarde, Belidor sigue afirmando que los antiguos modelos seguían utilizándose con éxito en los puertos franceses. Otras dragas de pala de la misma época son las de Dubois, Macary, etc.

#### 3.4.1.4. Draga de cuchara de Gouffet

Un artefacto diferente es la draga de cuchara de Gouffet (1703) (fig.37) cuyos dibujos muestran el funcionamiento del mecanismo pero que, al igual que tantos otros, no -

presenta, utilidad práctica pues tiene dificultades para trabajar y descargar el producto en las barcasas.

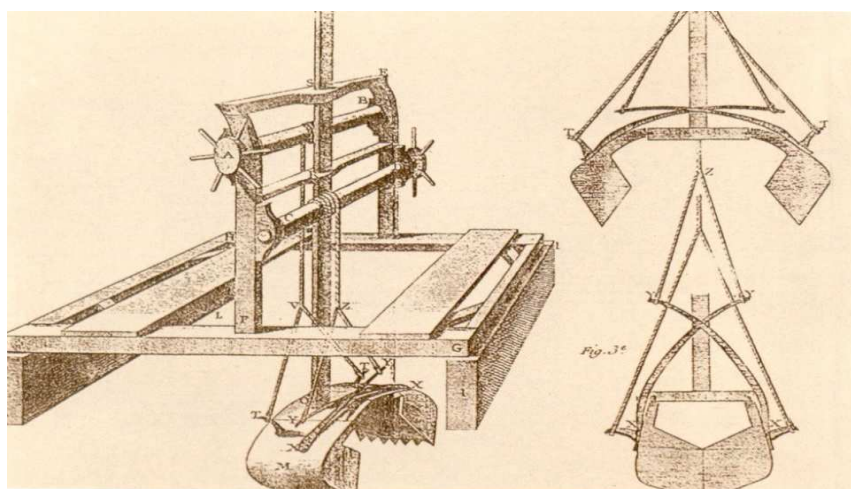


Figura 3.37. Draga de cuchara de Gouffet

#### 3.4.1.5. Dragalina de Gouyt

Otros artefactos más, presentados a la Academia francesa en estos años, es la dragalina de Gouyt en 1732, que aparece con el título de ``Machine pour curer les ports`` (fig.38).

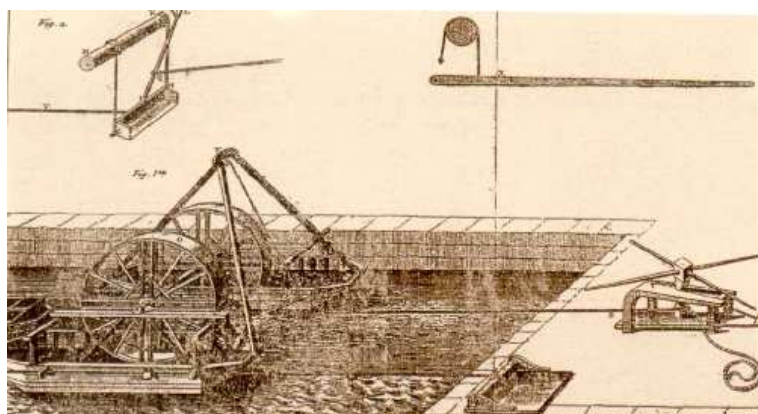




Figura 38. Dragalina de Gouytot

Es un artefacto compuesto por dos barcazas y una rasca que lleva entre ambas, graduándose la presión sobre el fondo mediante una palanca desde cubierta.

#### 3.4.1.6. Draga de Rueda de Balme

En 1718, M. de la Balme presentó a la Academia el `` Ponton por curer les ports`` indicando que era idea antigua, superada por otras dragas.

En la (fig.39) se puede ver la concepción de la máquina, indicando su autor que podía trabajar con la fuerza de un solo caballo.

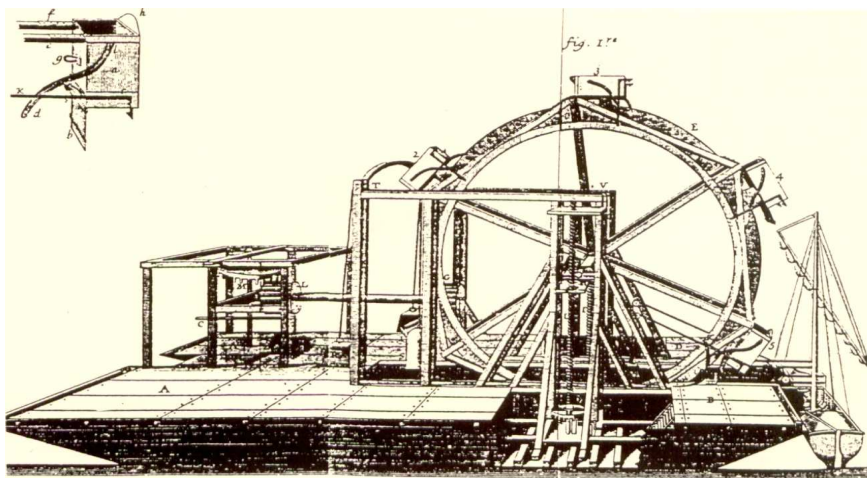


Figura 3.39. Draga de rueda de Balme

#### 3.4.1.7. Draga de rueda de Kunstberg

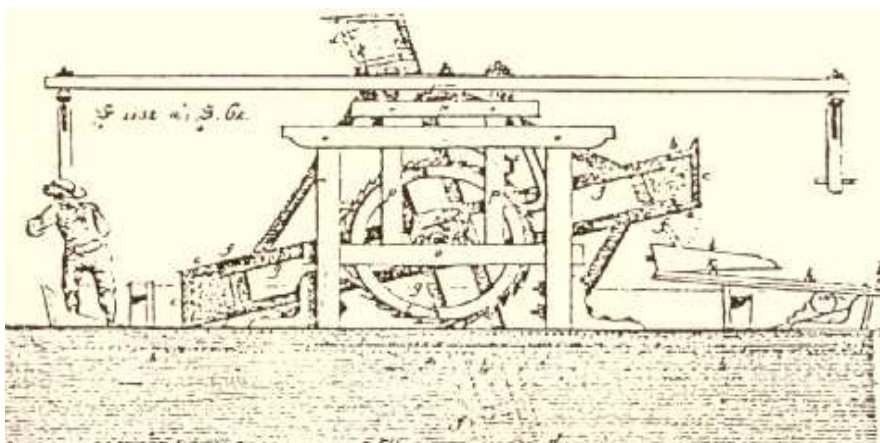


Figura 3.40. Draga de rueda de Kunstberg

En 1749 el sueco Kunstberg (fig.40) propone una rueda movida por fuerza humana, formada por cuatro etapas con una especie de cangilones en sus extremos. Otras ruedas de la época son la de Peltier en 1742, entre otras.

### 3.4.2. M. BELIDOR

Aparece en este siglo la que puede considerarse como la primera obra moderna de estudios tecnológicos relacionada con la hidráulica marítima y las construcciones de puertos en particular: ``Architecture Hydraulique `` de M.Belidor (Paris 1770).

En ella se trata la técnica portuaria y la de los dragados y sus equipos en concreto. Aparece por un lado, una serie de dragados de equipos de remoción de fangos.

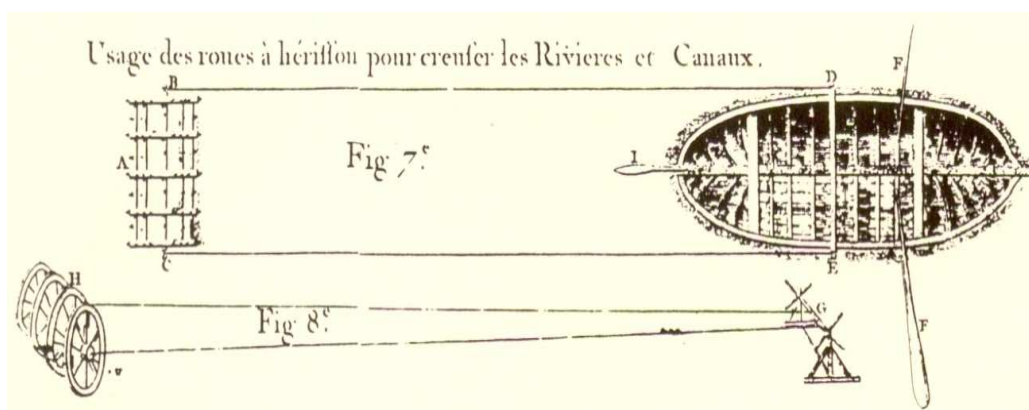


Figura 3.41. Remoción de fondos Belidor

Es lógica la identidad de figuras, pues los tratados debían estar muy difundidos entre los especialistas. Especialmente interesante es la draga de pala con la que según el autor trata de introducir mejoras en los puertos de Tolón y Brest.

En esta pala se ve la utilización de un cazo de concepción moderna, con descarga por fondo mediante la abertura de una compuerta (fig.42).

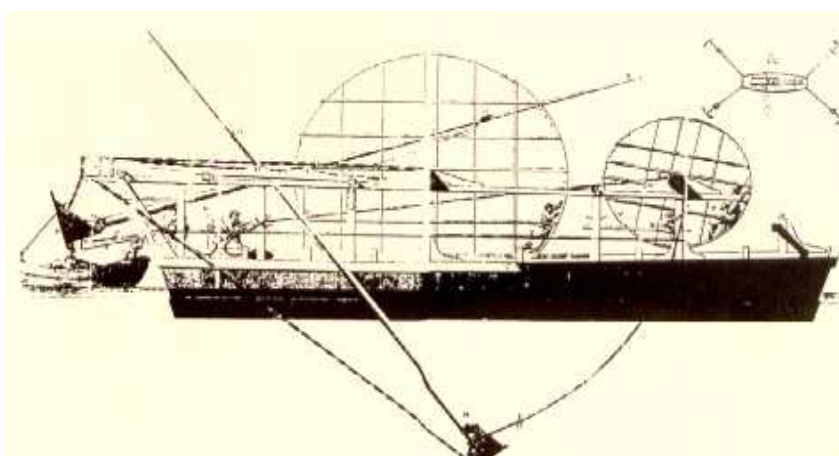


Figura 3.42. Draga de pala Belidor.

### 3.4.3. Segunda mitad del siglo

#### 3.4.3.1. Draga de pala Panon

En la segunda mitad, del siglo, se puede señalar, una draga de pala propuesta por el español Esteban de Panon en 1755 para el puerto de Ceuta (fig.43).

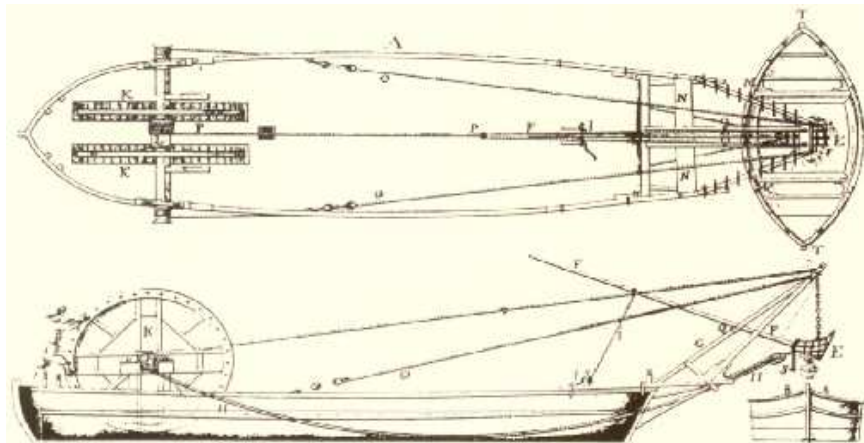


Figura 3.43. Draga de pala Panon.

Esta draga muestra un gran avance tecnológico sobre las anteriores, ya que la pala va situada en el centro del pontón en vez de ir colocada lateralmente, con la ventajas consiguiente y, por otro lado, la pala opera movida por cordajes a través de las futuras dragas de pala del siglo XIX.

#### 3.4.3.2. Draga de noria de Redeligkheid y de Eckhardt

Otros artefactos de esta época que merecen reseñarse son la draga de noria o rueda, del holandés Redeligkheid de 1774 (fig.44), y la rueda o noria, de Eckhardt (fig.45).

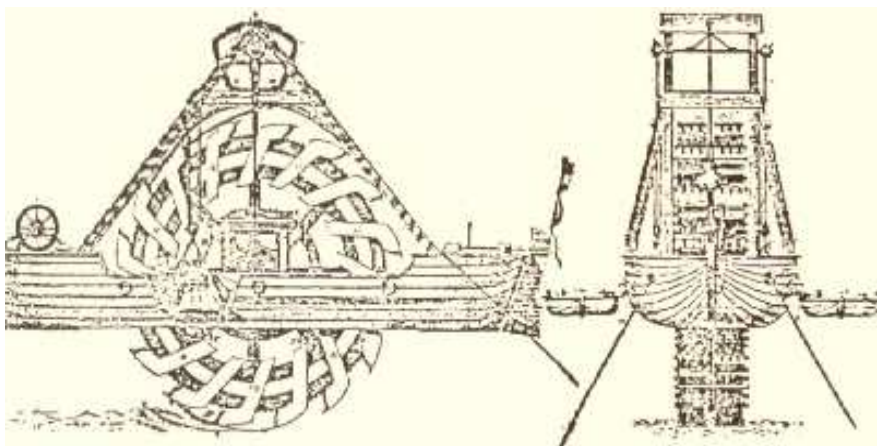


Figura 3.44. Draga de rueda de Redeligkheid.

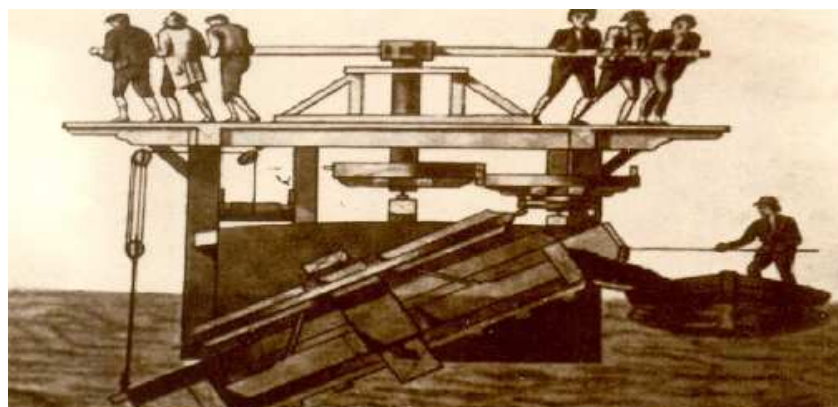


Figura 3.45. Draga de rueda de Eckhardt.

### 3.4.3.3. Rosario de cangilones

En estos años aparece una muy importante innovación que producirá una verdadera revolución en el arte de dragado: es el rosario de cangilones que sustituye al Mud-Mill de placas, dando origen a las dragadas de rosario

Pronto se construyeron los cangilones de hierro, con una configuración que se ha mantenido. En 1759 aparece un artefacto de este tipo, ideado por De Lonce en 1750, y la primera cadena de cangilones en Hull (Inglaterra) en 1778, usándola Busch en Alemania EN 1790.

### 3.4.3.4. Gánguil de Lydell

En 1753, Lydell patenta en Inglaterra una embarcación para utilizarse como gánguil con descarga por fondo, confederándole erróneamente por algunos autores como el inventor de esta técnica, puesto que dos siglos antes, otro, con este sistema estaba descrito y dibujado en el Códice de Juanelo Turriano.

### 3.4.3.5. Extractora de terrenos de Isappi

Entre otros artefactos que son solo una simple elucubración de arbitristas, se presenta la extractora de terrenos de Giovannii Isappi en 1776. Y el tornillo sin fin de Writs en 1760.

## 3.5. DESDE EL SIGLO XIX HASTA EL FINAL DE LA GUERRA MUNDIAL

### 3.5.1 Introducción

Es una época donde aparecen los grandes avances tecnológicos; iniciada a final del siglo XVII la aplicación a las máquinas del vapor, desde principios del XIX se desarrolla una rápida y extensa utilización de esta forma de energía a los equipos dragadores, de-



forma que desde la mitad del siglo su uso es general y prácticamente se convierte en la única fuerza motriz utilizada, salvo el caso de algunos pequeños artefactos que continúan empleando la fuerza humana o animal.

En 1817 en España se construye el vapor de ruedas Real San Fernando, el primero de vapor (fig.46), en los astilleros de Sevilla, utilizándose en el Guadalquivir; el casco tenía 28 varas de largo, 8 de manga y 9 palmas de puntal.

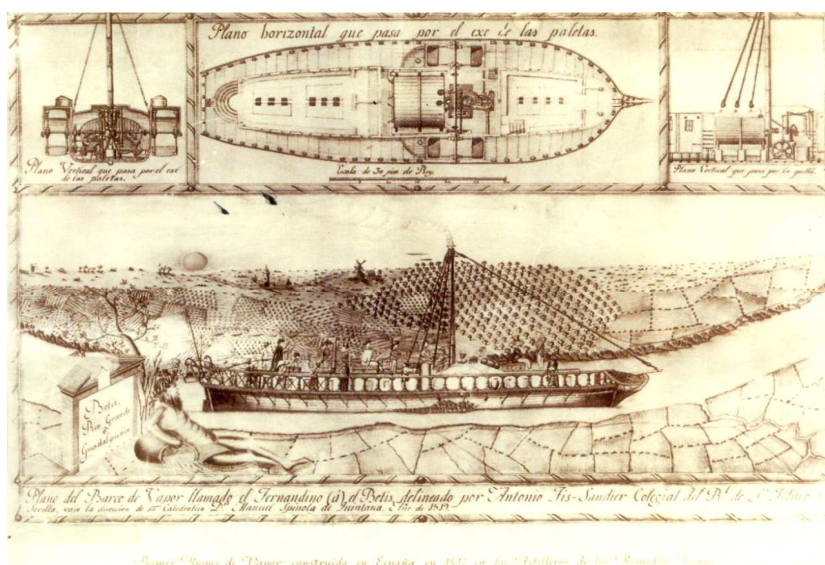


Figura 3.46. Barco Real Fernandino.

### 3.5.1.1 Construcción metálica

La aplicación de la construcción metálica a las embarcaciones es posterior a la del vapor, y hasta mediados del siglo XIX no se extiende a los artefactos de dragado, e incluso antes del siglo -e incluso en el XX- sigue utilizándose la madera para la construcción de los cascos, circunscribiéndose el empleo de los materiales metálicos a los equipos, maquinas, calderas.etc. Pero gracias a la construcción metálica se construyen artefactos cada vez mayores y más potentes con unidades capaces de navegación oceánica, pudiendo trasladarse a los cinco continentes para permitir la construcción de sus puertos y vías de navegación.

### 3.5.1.2. Bombas Hidráulicas

Finalmente, el gran avance tecnológico del arte del dragado se inicia a finales del siglo XIX con la aplicación de las bombas hidráulicas a la técnica del dragado, lo que inicia una gran revolución hasta el punto que desde entonces los equipos de dragado se dividen en mecánicos e hidráulicos, según sea el principio en que se basan.



### **3.5.2. Dragas mecánicas**

Las dragas mecánicas emplean directamente medios mecánicos para extraer los productos.

Entre los tipos existentes los más utilizados son las dragas de rosario, las de pala y las de cuchara, y aún perduran en el siglo XIX algunas unidades de rueda y remoción, así como el viejo Bag and Spoon. La primera aplicación del vapor a un artefacto de dragado se realizó en 1797 en el puerto de Sunderland a una draga de pala del tipo bag and spoon, comenzó a trabajar en 1798 y continuó haciéndolo durante varios años.

### **3.5.3. Dragas de rosario a vapor**

#### **3.5.3.1. El primer tercio de siglo XIX**

En 1800 Samuel Benthon construye una draga de rosario a vapor para el puerto de Portsmouth, con escala situada lateralmente en el casco del barco.

Estas dragas cargaban frontalmente sobre gánguiles pues no se había ideado todavía el vertido lateral. Desde entonces hasta 1830 se construyen en Inglaterra una serie de dragas de este tipo de diferentes características.

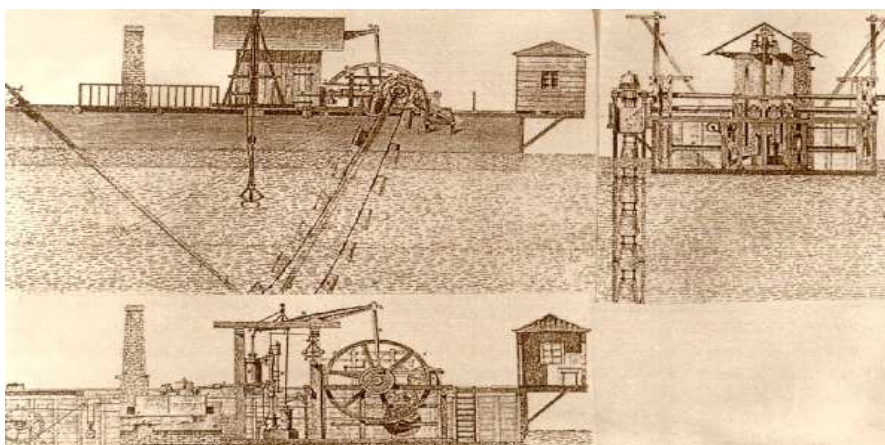
#### **3.5.3.2. Agustín de Betancourt**

Hacia 1810 Agustín de Betancourt construye una gran draga de rosario para San Petersburgo, sobre el Río Neva. Era un artefacto con la escala de rosario lateral que trabajó durante más de veinte años sin necesidad de reparaciones y con unos rendimientos muy superiores a las otras dragas contemporáneas.

Betancourt aportó una innovación genial en estas dragas, que fue la instalar un mecanismo de concepto similar al de acoplamiento de par, que permitía a la máquina de vapor seguir funcionando, aunque el rosario parase por cualquier causa.

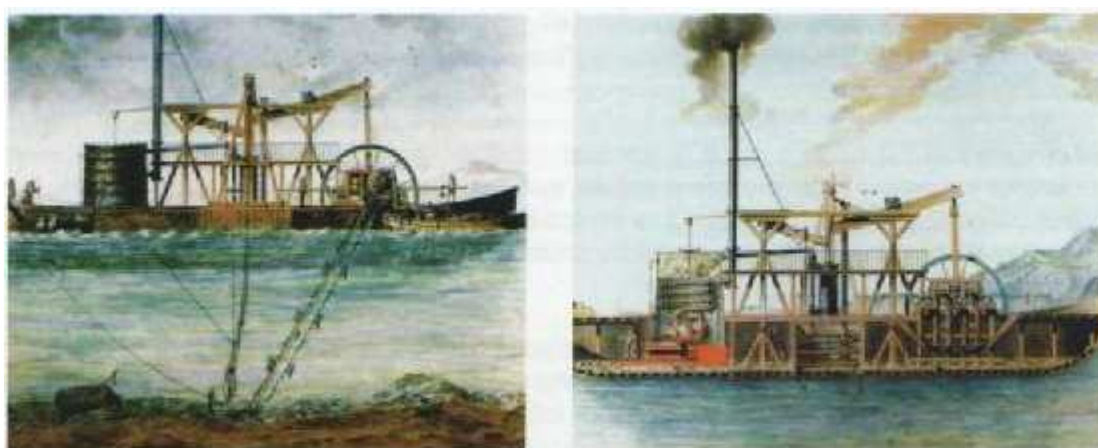
Finalmente ya desde 1792, Betancourt había ideado una draga a vapor, casi diez años antes que se construyera la primera en Inglaterra, proponiéndola a la Junta de Generales de la Armada y que por ironía del destino fue rechazada por muy potente.

A lo largo del siglo, las dragas de rosario (Bucket dredge) fueron mejorando sus características y aumentando sus dimensiones, construyéndose numerosísimas unidades de diferentes tipos, que constituyeron la base de las flores de dragado; a fines de siglo, prácticamente estaban definidas su forma de trabajo y características básicas.



**Figura 3.47.1. Draga de rosario Betancourt – 1807.**

Los cascos son de acero; la fuerza motriz es suministrada por calderas de vapor alimentadas por carbón y máquinas principales de doble o triple expansión; los cangilones oscilan entre los 300 y 1000 litros de capacidad cargando el producto lateralmente sobre gánguiles.



**Figura 3.47.2. Draga de rosario de Agustín de Betancourt para limpiar los puertos  
(Archivos de San Petersburgo, 1812)**

Durante cerca de siglo y medio, las dragas de rosario fueron el elemento básico de las flotas de dragado en Europa, hasta que fueron superadas en su trabajo por las dragas hidráulicas.

En cambio en Estados Unidos, por una serie de circunstancias, no se utilizaron y sólo se construyó una en todo el periodo, sustituyéndolas en su trabajo las dragas de pala y otros equipos hidráulicos.

### 3.5.4. Draga de pala frontal

Las dragas de pala frontal (dipper o shover) siguieron utilizándose en Europa con las mismas características del siglo anterior, aunque en Europa fueron cediendo el terreno a las dragas de rosario a vapor. Su gran auge y avance técnico tuvo lugar en los EE.UU., donde en 1835 Otis patenta una pala terrestre, movida a vapor, para su empleo en los ferrocarriles de Ohio. En 1840, se monta una pala de este tipo sobre un pontón flotante, constituyendo una gran innovación en el dragado, tanto por sus características como posibilidades de trabajo y rendimiento.

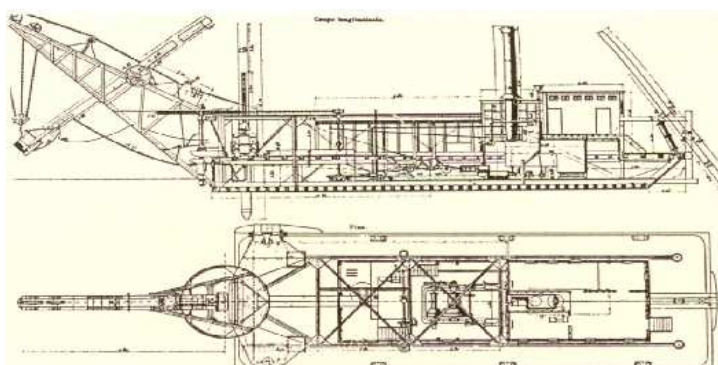


Figura 3.48. Draga de pala con Spuds.

Durante el periodo tiene gran difusión y utilización en EE.UU., perfeccionándose y llegando a unas dimensiones de cazos de 15 a 20 yardas cúbicas, con rendimiento en terrenos duros que oscilan de los 500 a los 200 m<sup>3</sup>/ día, pudiendo alcanzar los 12 m de profundidad.

### 3.5.5. Cuchara de valvas o almejas (Clam-Shell ó Grab)

La cuchara de valvas ó almejas (clam-shell o grab) está formada por una cuchara colgada de una grúa giratoria que va montada en un frontón.

En 1840 se patenta en los EE.UU. el primero de estos artefactos, y desde 1870 se utilizan como equipo de dragado.

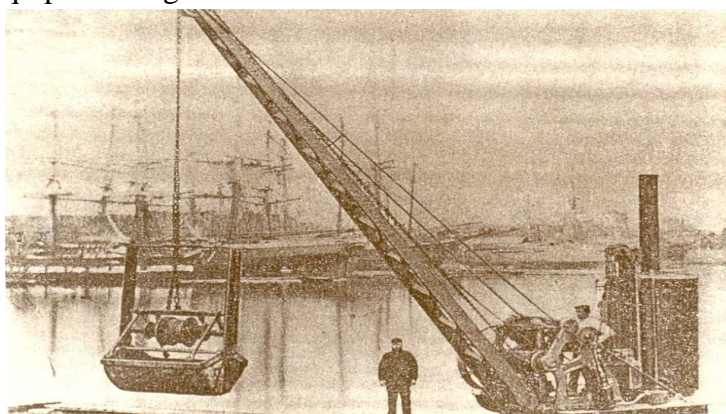


Figura 3.48. Draga de cuchara Prietsman.

En 1878, la casa Prietsman construye una draga de cuchara que se extiende rápidamente por todo el mundo, hasta el punto de llegar a conocerse popularmente este tipo de dragas con este nombre.

Se desarrollan numerosos tipos, y por sus características, posibilidades de trabajo en reducidos espacio, rendimientos y costes, fue desde el principio un equipo utilizado de forma universal tanto en Europa como en los EE.UU., donde construyeron unidades con cucharas de hasta 15 yardas cúbicas de capacidad y producciones diarias superiores a los 2.000 m<sup>3</sup>/día.

### 3.5.6. Dragas Hidráulicas

En las dragas hidráulicas el empleo de las bombas hidráulicas en los artefactos de dragado supone la mayor innovación de esta técnica desde el comienzo de los dragados, e introduce un cambio drástico en los medios utilizados. Su origen se lo disputan europeos y norteamericanos, que siguieron caminos distintos en el desarrollo de los equipos utilizados, y se debe reconocer que en este periodo los americanos logran unos artefactos más poderosos y eficaces, con una concepción de trabajo más moderno. Que se impondrá netamente a partir de la mitad del siglo XX, aunque desde estas fechas se invertirán los papeles, recogiendo los europeos la antorcha de la inventiva que desarrollan los tipos de dragas americanos hasta llegar a la casi perfección actual.

#### 3.5.6.1 Bomba de succión

Desde mitad del siglo XIX se utilizaron bombas de sección, que al crear una corriente de agua pueden succionar y transportar productos en suspensión.

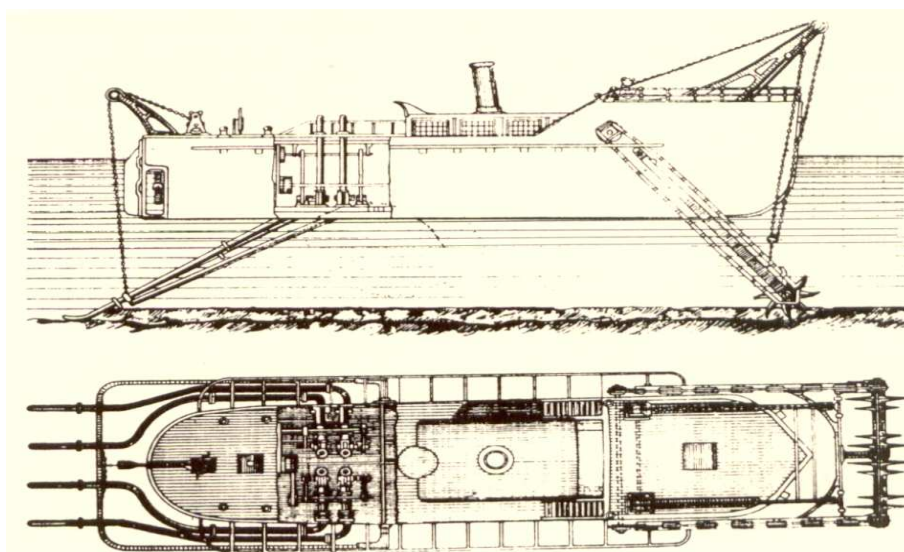


Figura 3.49. Draga de succión Bazin.



El primero en aplicar la idea a las dragas en Europa fue Bazin en 1874, y desde entonces surgieron multitud de bombas cada vez mas perfeccionadas, como la de Hulton, que en 1874 se emplea con gran éxito en diferentes obras en el Mar del Norte, construyéndose una verdadera draga- ***draga de succión e impulsión estacionaria***- montando en un pontón el tubo de aspiración, la bomba y el tubo de impulsión. Este tipo de artefactos ha perdurado hasta hoy día con modernos y potentes equipos utilizados en los terrenos y emplazamientos adecuados.

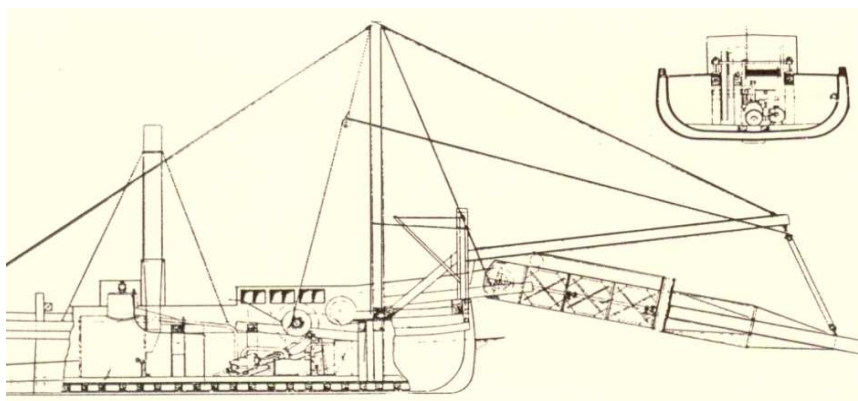


Figura 3.50. Draga de succión Estacionaria Hulton

Desde el último tercio del siglo XIX se utilizaron estos equipos perfeccionándose y construyendo una draga capaz de transportar los productos por ella misma, apareciendo la ***draga de sección estacionaria y autoportadora***.

Posteriormente, se incorporaron otras innovaciones como la de situar lateralmente el tubo de succión, colocar la bomba de aspiración debajo de la línea de flotación merced al dispositivo de subida y bajada del tubo deslizándose por el casco, conectando el tubo y la bomba a través de una válvula situada en el interior del casco y pudiendo impulsar desde la propia cántara a tierra, creando la llamada draga de sección autoportadora e impulsadora, construyendo el equipo más eficaz de su época.

Con estas mejoras, se construyeron numerosas unidades hasta el estallido de la II Guerra Mundial, con algunas unidades como la draga inglesa ``Leviathan`` de 7.646 m<sup>3</sup>(10.000 yardas cúbicas) de capacidad de cántara, que fue en este momento la mayor del mundo.

Este tipo de dragas, se utilizó de forma general en todos los puertos de Europa y de influencia europea, aunque se desconoció en los EE.UU., que siguieron otro camino.

### 3.5.6.2. Draga de cortador o ``Cutter``

Casi paralelamente con las primitivas dragas de succión estacionaria, muy poco años después, surge la draga de cortador o ``cutter``, que es prácticamente igual a la de succión simple estacionaria-tubo de sección, bomba de aspiración e impulsión, tubería-

de descarga a tierra o a gánguiles-que lleva en el extremo del tubo de succión un dispositivo en forma de cesto tronco-cónico formado por cuchillas de acero que pueden girar mediante un eje transmisor, montado sobre el tubo de succión, capaz de disgregar el producto, aunque sea compacto, facilitando su absorción por la corriente de aspiración de la bomba.

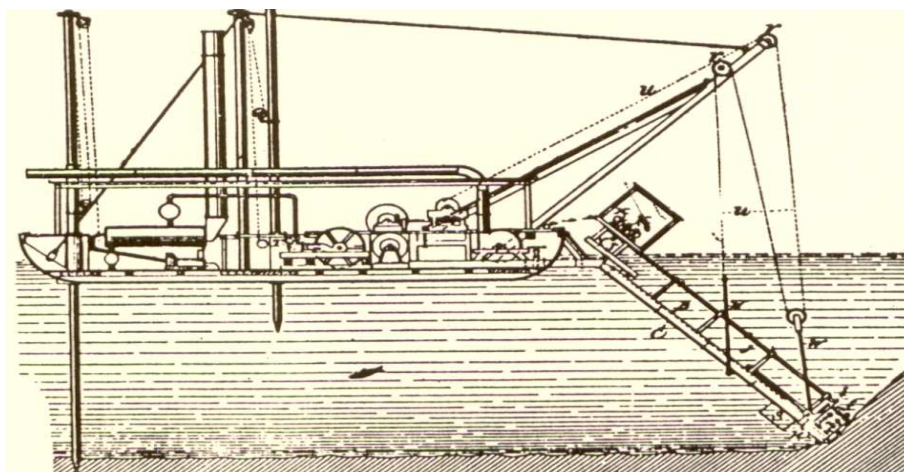


Figura 3.51. Draga de cortador con spuds.

Para su fijación en el terreno utiliza pies derechos o pilonos (spuds), que clavándose en el fondo rigidizan la draga en su posición, giran en forma de péndulo y avanzan excavando el terreno mediante un sistema de mecanismo y anclas.

Se utilizaron en EE.UU .desde 1863 y con diferentes mejoras. En Europa, hasta muy entrado el siglo XX, fue escasamente empleado pudiendo decirse que sin duda es una tecnología americana.

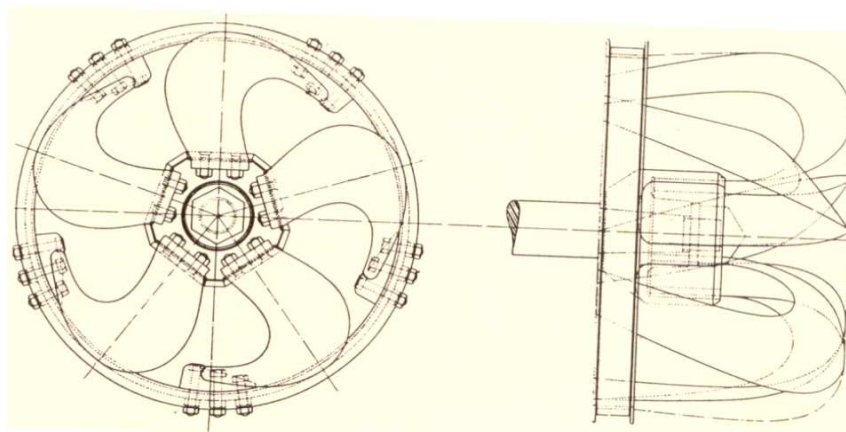
Se mejoran los cortadores, se desarrollan las tuberías flotantes, el sistema de pilonos o spuds, y se llega a potencias extraordinarias tanto en el cortador como en las bombas, permitiendo el dragado de casi todo tipo de terreno, incluso de rocas blandas, con algunas limitaciones de trabajo debido a las condiciones del emplazamiento y del tráfico existente en el mismo, convirtiéndose en un equipo fundamental de las flotas de dragado y siendo indispensable por sus posibilidades de trabajo, costo y rendimiento.

### 3.5.6.3 Draga de succión en arrastre o ``Trailer``

La draga de succión en arrastre o ``trailer`` es el artefacto más poderoso y costoso que el hombre utiliza en la ingeniería marítima y civil.

Su empleo ha permitido llevar a cabo las obras situadas en mar abierto y en grandes profundidades expuestas al oleaje, con posibilidad de ejecutar volúmenes de millones de metros cúbicos a un precio razonable y en un tiempo relativamente reducido, y juntamente con cortadores son equipos básicos actuales de las flotas de dragado.

Es una idea americana y en Europa no se utilizaron hasta después de la II Guerra Mundial, salvo algunos casos.



**Figura 3.52. Cortador Robinsón.**

En 1855 los americanos construyeron una draga llamada General Moultrie de tipo estacionario y autoportador - anterior por tanto a las europeas-. Posteriormente, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército construye, después de la guerra de Secesión, dos dragas que trabajan en ``marcha``, disponiendo en el barco de un equipo de propulsión y otro de succión arrastrando en popa, siendo capaz de succionar los productos a pesar de la marcha del barco y cargando en su propia cántara.

Las ventajas indudables de este tipo de artefactos lo impusieron y en los años sucesivos se construyeron una serie de dragas de este tipo, incorporando diversas mejoras: cabezas de succión; utilización de los motores de combustión interna a partir de medidas del siglo XX aunque en las grandes unidades siguen empleando turbinas de vapor; dispositivos de apertura de las puertas de vertido de fondo; mejoras en las bombas de succión, etc.

### **3.6. EL SIGLO XX, PRIMER PERIODO: HASTA LA II GUERRA MUNDIAL**

#### **3.6.1. Evolución y desarrollo de las flotas de dragado**

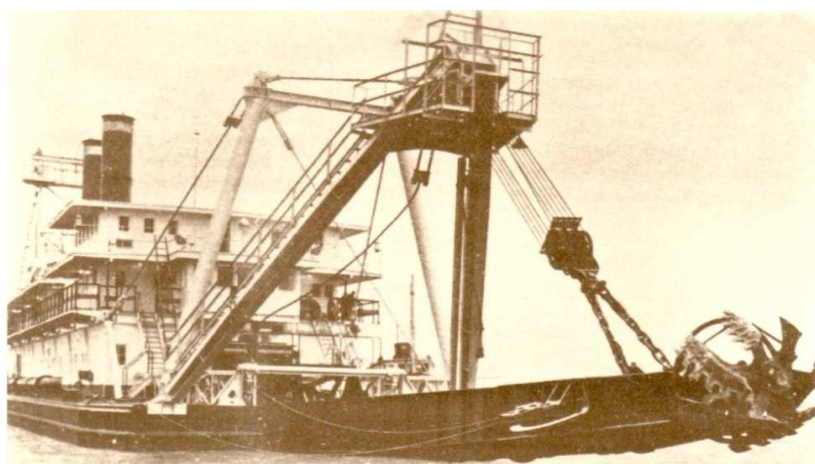
Con independencia del desarrollo de la tecnología americana, aparece en Europa hacia 1900 una draga de succión en arrastre para fangos y limos, inventada por Fruhling, similar a las dragas de arrastre americanas, y aunque se construyeron algunas unidades de este tipo, prácticamente desaparecieron después de la II Guerra Mundial frente a la utilización de las dragas Trailer, por las mejores condiciones y resultados de éstas.

Poco antes de la II Guerra Mundial, de acuerdo con la experiencia de los americanos, los franceses construyeron varias dragas de arrastre de grandes dimensiones para la época- unos 2.000 m<sup>3</sup> de capacidad de cántara- dotados de todos los adelantos existentes-

y con tecnología muy avanzada, incluso superior a la empleada por los americanos, dando un gran servicio en los puertos franceses.

Después de la guerra, cambia el panorama pasando el liderazgo de la tecnología europea y mundial a los astilleros holandeses.

Paralelamente al desarrollo de las dragas, se construyeron equipos auxiliares de todo tipo con características de funcionamiento y capacidad, adecuadas al servicio que debían prestar como equipos auxiliares y complementarios de los dragados.



**Figura 3.53. Draga cortadora Ellicott.**

En estados unidos se emplearon cortadoras de grandes dimensiones, destacando la casa Ellicott, que construyó artefactos de características extraordinarias (fig.53).

Se utilizaron las turbinas a vapor y los motores diesel, siendo más potente las primeras que llegan a los 3.500 H.P para las bombas de impulsión y a los de 800 H.P. en el cortador, con una tubería flotante de hasta de 5.000H.P., compitiendo con los turbo-eléctricos.

### **3.6.2. Dragas de succión en arrastre**

El encargado del dragado de los grandes estuarios y de los accesos a los ríos al U.S.A.C.E., por parte del congreso de los EE.UU., le dio prácticamente el monopolio en el motor del desarrollo y perfeccionamiento de las dragas de succión en arrastre, que habían demostrado su mejor capacidad operativa frente a las deficiencias observadas en las dragas de succión estacionaria, dadas las condiciones que se presentan en los emplazamientos de los dragados de las costas y puertos del país, tanto en lo que respecta a las marítimas, como en lo que concierne a las exigencias de terminación de los trabajos.

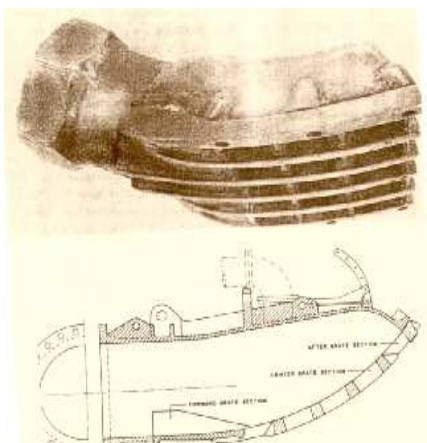
Entre 1901 y 1910 el U.S.A.C.E. construyó doce dragas de succión en arrastre que se utilizaron en diferentes puertos tales como Nueva York, entre dichas dragas es la



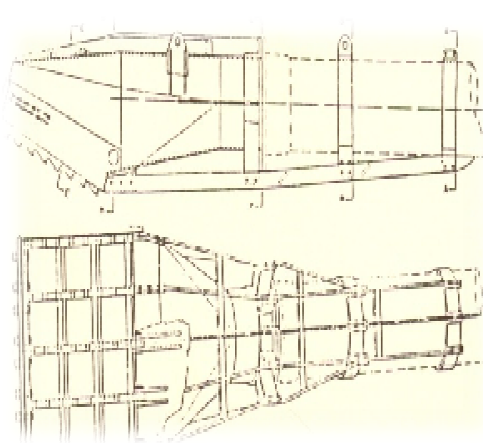
Delaware, la Raritan, entre otras, con capacidad de unos 3000 yardas cúbicas; otros de menor capacidad, alrededor de las 1.000 yardas cúbicas, como la Caucus, la St. Johns, tenían casco de madera y una sola hélice.

Entre 1910 y 1945, el U.S.A.C.E. construyó unas diecisiete dragas con capacidad entre 500 y 5.000 yardas cúbicas, utilizando motores tanto para la propulsión como para las bombas, casco de acero, uno o dos tubos laterales como la Langlitt, siendo la mayor de todas ellas la Goethals, de 5.000 yardas cúbicas, De este periodo es también la llamada Combre pudiendo advertirse como detalle, la conexión fija del tubo al casco por debajo de la línea de flotación. Un aspecto básico en estas dragas fue el de la cabeza de tubo de succión o cabezales.

Se utilizaron diferentes tipos a lo largo de los años: fijos, ajustables y auto ajustables como el Ambrosio (fig.56), el Coral (fig.57) y el California (fig.58) etc. Y en algunos casos se utilizó un cabezal Fruhling modificado en 1912, se abandonó para adoptar los modelos propios.



**Figura 3.56. Cabezal de succión Ambrosio.**



**Figura 3.57. Cabezal succión Coral.**

En 1950-después de la guerra-, el U.S.A.C.E. mantenía operativas doce dragadas durante la segunda mitad del período y otras ocho construidas en el lapso desde 1945 a 1950, que, si bien cronológicamente deberían citarse en el período siguiente.

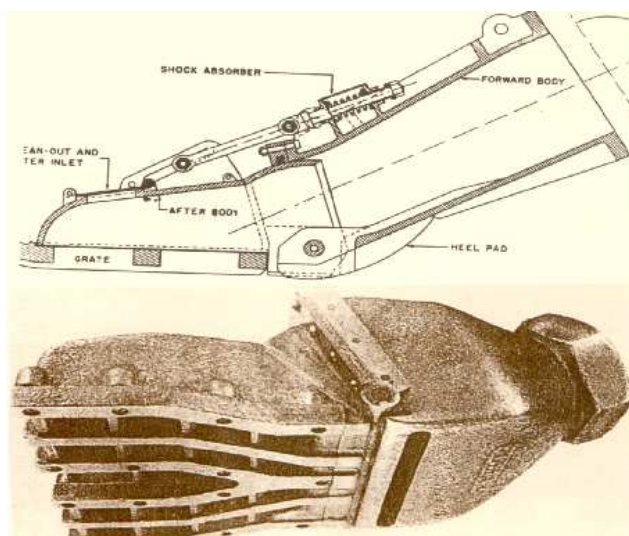


Figura 3.58. Cabezal de succión tipo California.

### 3.7. DESDE LA II GUERRA MUNDIAL HASTA HOY DÍA

La conmoción que la II Guerra Mundial introdujo en todos los aspectos de la vida fue también el origen de una verdadera revolución en el dragado, tanto en al campo de las tecnologías como en el de la organización y sistemas de ejecución.

Por un lado, Europa se encuentra con sus puertos muy dañados y sus flotas de dragado destruidas o averiadas, aparte de su obsolescencia respecto a las nuevas tecnologías.

Por otro, mientras en EE.UU. la tecnología de los ``cutter`` y palas sigue avanzando, la de los ``trailers`` -indudablemente americana en sus orígenes- languidece, en parte debido al monopolio de hecho que el Cuerpo de ingenieros tenía para el dragado de los estuarios y grandes ríos, lo que hizo que los contratistas americanos no construyeran ninguna unidad de este tipo ni fomentasen el desarrollo y tecnología de estos equipos.

Entonces Europa reaccionó procediendo a una renovación prácticamente total de sus equipos, y aunque durante algunos años se construyeron algunas dragas de rosario, desde el último tercio del siglo se abandona prácticamente este tipo de artefacto comenzando una verdadera carrera en la construcción de ``trailers`` y ``cutters`` cada vez más potentes.

En EE.UU. la situación originada en la tecnología de los ``trailers`` ocasiona que parte de las nuevas dragas en marcha, adquiridas al principio de este periodo para su flota, sean compradas en astilleros holandeses o construidas en EE.UU. con tecnología europea.

Esta situación comienza a cambiar al encargar el Senado a empresas privadas el dragado encomendado hasta la fecha al Cuerpo de Ingenieros, lo que repercutirá indudablemente de forma drástica en el futuro.

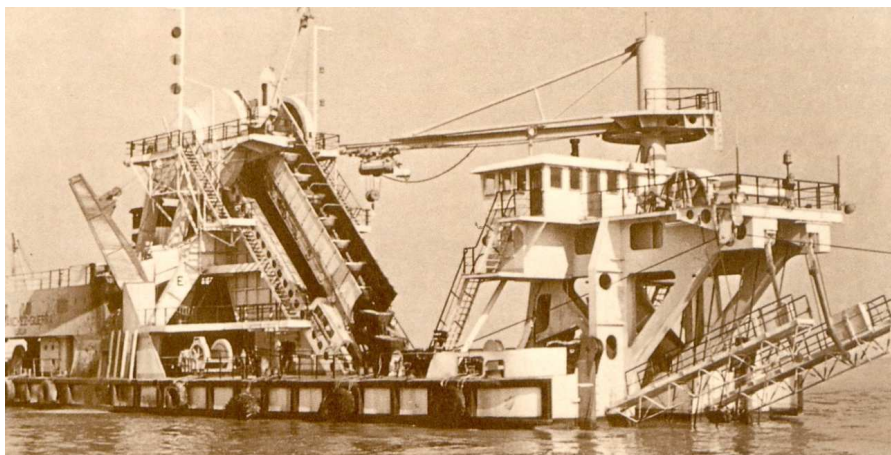


Figura 3.59. Draga de Rosario; “ Sánchez Guerra ”, 1967.

Finalmente, se produce un hecho decisivo en la mentalidad de la casi totalidad de las administraciones portuarias del mundo libre con economía de mercado al liberalizar el mercado de los dragados desguazando sus viejas flotas y acudiendo al sistema de concursos entre empresas dragadoras, no sólo de la ejecución de las obras del mantenimiento de los calados. Esto, unido al gran aumento del volumen de dragado. Originado por la necesidad de construir puertos y vías navegables más profundos para atender a las demandas de la navegación marítima, favoreció el crecimiento.

A este reto respondieron con todo éxito las grandes organizaciones mundiales de dragado y los astilleros especializados, lo que ha permitido disponer de las suficientes flotas para poder realizar las obras proyectadas, existiendo además una gran competencia entre las empresas en la lucha por los mercados, lo que motiva que sus costes unitarios suban en una proporción muy inferior a las del resto de las obras civiles.

Desde final de la Guerra en 1946 hasta 1975 aproximadamente, se construyeron algunas dragas de rosario, pero desde estas fechas se ha reducido su construcción.

**Las dragas de pala** se mantienen con el mismo esquema de trabajo, con las mejoras técnicas lógicas, construyéndose unidades con capacidad de cazo que llegan a los 25 m<sup>3</sup> como la Chicago. Siguen siendo muy utilizadas en EE.UU., donde existen flotas con numerosas unidades de este tipo.

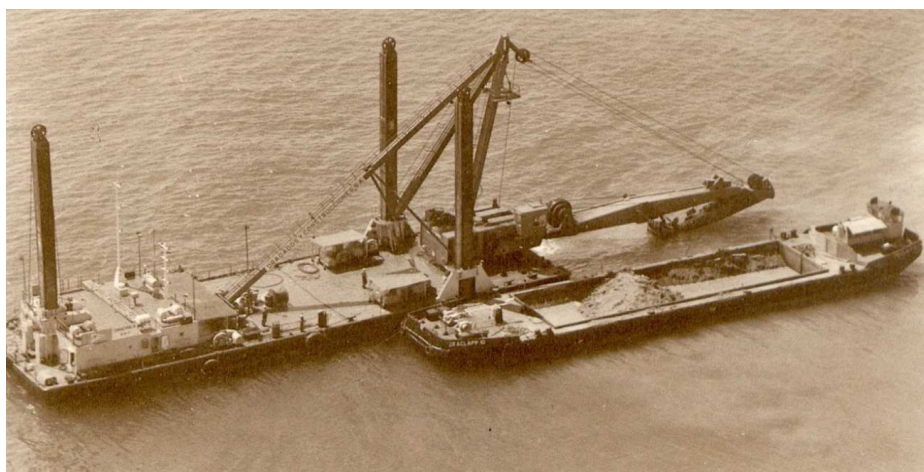


Figura 3.60. Draga de pala “Dracpala”.

Una gran innovación en este campo ha sido la utilización de dragas “retroexcavadoras”, que operan sobre ponentes flotantes dotados de pilones para rigidizarlos con el terreno. Llegan a construirse con cazos de hasta 15 m<sup>3</sup> pudiendo excavar toda clase de terrenos, incluso rocas blandas.

Las **dragas de cuchara** prácticamente continúan sin variaciones técnicas respecto al periodo anterior, empleando en algunos casos cucharas de grandes dimensiones, hasta de unos 30 m<sup>3</sup> de capacidad. Siguen siendo muy utilizadas en trabajos específicos y en puntos donde, por sus condiciones o menor volumen a extraer, se hacen más adecuadas.

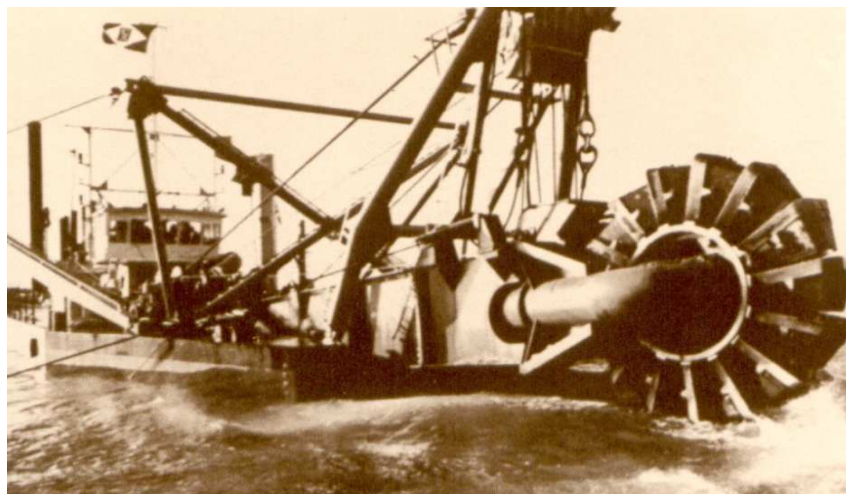


Figura 3.61. Draga de cortador de ruedas.

El desarrollo de las dragas hidráulica, especialmente “cortadores” o “cutter” y dragas de arrastre o “trailers”, ha sido espectacular tanto por sus características como por el número de unidades construidas. Desaparecen las antiguas dragas de tipo holandés y las dragas de succión estacionarias se limitan a dragados específicos.





Figura 3.62. Trailer "MOP D-1".



Figura 3.63. Trailer Vlandereen XVII.

Las dragas de cortador continúan su desarrollo por un doble camino. Por un lado, tanto en EE.UU. como en Europa, se construyen unidades cada vez de mayores características, existiendo unas 30 con potencias instaladas de más de 10.000 H.P., superando algunas de ellas los 20.000 H.P., llegando en EE.UU. el Western Cordor a 29.000 H.P. y en los astilleros europeos, se ha construido últimamente el Mashour de 30.000 H.P... Por otro lado, se desarrollado la construcción de equipos en serie desmontables, que pueden transportarse incluso por vía terrestre hasta el lugar de su utilización, con series normalizadas, que lleguen desde pequeñas potencias hasta los 12.000 H.P. instalados en el conjunto del barco.



**Figura 3.64. Draga de cuchara ``Dracpala``.**

Uno de los mayores avances en la tecnología de las dragas de cortador ha sido precisamente en las cabezas cortadoras. Existen diversos tipos de formas y dimensiones variables del cortador y aparecen los llamados cortadores de ruedas que construyen el tradicional de cesto por una rueda de cangilones.

La draga de succión en arrastre o ``trailer`` quizás sea, aun más que el cortador, el artefacto más emblemático de los equipos de dragado. Desde principios de los años de la posguerra las flotas europeas se decidieron por la renovación de sus unidades con equipos de arrastre. Ante sus indudables ventajas de toda clase, sobre los otros tipos de dragas. Los astilleros europeos -especialmente los holandeses- construyeron en ese periodo un gran número de unidades, calculándose que actualmente hay en servicio unas 200 de más de 1.000 m<sup>3</sup> de capacidad de cántara, sólo de las empresas dragadoras sin contar con las flotas gubernamentales.

La forma de trabajo es la misma utilizada en el periodo anterior. Un barco con una cántara en el centro o hacia proa-; 1 o 2 tubos laterales; equipos de propulsión muy potentes que permite dragar a una velocidad de 2 a 3 nudos y marchar cargada o vaciadero a uno 12 o 15 nudos; el vertido se puede hacer por compuertas de fondo o por impulsión desde cántara al exterior.

El aumento de capacidad de sus cántaras ha sido constante. Hasta 1960 el volumen llegaba a 3.000 m<sup>3</sup> en las unidades mayores. Al final de los setenta se alcanzaron los 11.000 m<sup>3</sup>, introduciendo en el periodo diferentes y decisivas innovaciones, entre ellas eliminación de las calderas a vapor (desde 1968), aumento de la profundidad del dragado que llega a los 30 m, mejora del diseño de las cántaras, mejora del diseño de las cabezas de dragado, utilización de bombas de succión sumergidas, situándoles en los tubos de succión, lo que permitía dragar a mayores profundidades, etc.

Desde esta fecha hasta hoy día. Después de algunos periodos de recesión a causa de la situación internacional, prosigue el progreso imparable de las características de estos artefactos y de las mejores técnicas utilizadas.

Desde 1980 se construyeron numerosas dragas entro los 8.000 y 12.000 m<sup>3</sup> de capacidad, hasta que a finales de 1994 se construye la draga Pearl River de 17.000 m<sup>3</sup> de capacidad de cántara iniciando una nueva etapa en estos tipos de dragas, siguiendo una serie de unidades cada vez de mayor potencia y capacidad con posibilidad de dragar en profundidad mayores de 100 m.



Figura 3.65. Tailer Antigoon.

Respecto al futuro y al empujo y decisión de las empresas dragadoras para superar cualquier obstáculo que encuentran en su camino para lograr unidades capaces de alcanzar mayores profundidades marinas, con capacidades que permiten el transporte de los productos a grandes distancias con precios asequibles, a parte de los avances tecnológicos que cada vez se incorporan en mayor porcentaje a los equipos e instrumentos, sólo quiero recordar que el XVI Congreso Mundial de la The International Navigation Association A.L.P.C.N. celebrado en Bruselas, la Ponencia General sobre temas de dragado, al comentar la construcción de las dragas de esta época y entra ellas “Leviathan” considerada la mayor existente en el mundo con 5.000 m<sup>3</sup> de capacidad de cántara, con posibilidad de dragar hasta los 20 m de profundidad, se decía que en el futuro no se construirían otras unidades semejantes ni por supuesto mayores.





Figura 3.66. Trailer Pear River.

Los avances tecnológicos de la época corren parejos con la mejora de sus características. Entre las más importantes pueden citarse el empleo de forma general de las bombas sumergidas; la aplicación de apertura del casco en forma de valvas, sistema utilizado en dragas de pequeña o mediana capacidad llamadas tipo “Split”; la mejora de las cabezas de dragado, especialmente el control de su posición lo que permite reducir la tolerancia vertical a menos de 15 cm. aún dragando en profundidades mayores de los 60m; equipos de degasificación en bombas de dragado que permite la construcción y mejor decantación de productos poco densos; y sobre todo la gran aplicación de la informatización y automatización de todos los equipos y componentes de la draga que, aparte de las mejoras de su control y trabajo, permite una reducción muy importante de gastos y aumento de rendimiento.



2010

## CAPÍTULO IV. TÉCNICAS DE DRAGADO



IYAD S T KHADER

DRAGADOS PORTUARIOS Y COSTEROS:  
UNA REVISIÓN CRÍTICA PARA EL GOLFO DE CÁDIZ  
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS.

## IV. TÉCNICAS DE DRAGADO

### 4.1. DEFINICIÓN E IMPORTANCIA DEL DRAGADO

Una obra de dragado se define como el conjunto de operaciones necesarias para la extracción, el transporte y el vertido de materiales situados bajo el agua, ya sea en el medio marino, fluvial o lacustre.

Estas tres etapas son fundamentales en toda obra de dragado y deben analizarse con detenimiento para optimizar la operación. El primer paso consiste en extraer el material del fondo, y para ello se requiere una maquinaria específica, las dragas. Como veremos más adelante, existen numerosos equipos de dragado, que se diferencian principalmente en la forma de realizar la excavación. A continuación se debe efectuar el transporte del material desde el punto de extracción hasta la zona de vertido. El tipo de transporte dependerá también de la draga utilizada, pudiéndose efectuar con la misma embarcación, con gánguiles de carga, o mediante tuberías. Finalmente, se debe seleccionar el lugar de vertido y el método para realizarlo, siendo lo más usual el vertido mediante descarga por el fondo o por bombeo a través de tubería. En la actualidad, la reutilización y el aprovechamiento de los materiales procedentes de dragado es cada vez más frecuente.



**Figura 4.1.a.** ejemplo de excavar el fondo del mar, en la construcción de nuevos puertos o muelles.



**Figura 4.1.b.** para el tendido de tuberías submarinas, ampliación de canales ya existentes, formación de trampas de arena.

El dragado es una operación necesaria para el desarrollo y el mantenimiento de las infraestructuras en el medio marino y fluvial, y de su realización depende el desarrollo de los puertos y del tráfico marítimo. Sin embargo, a pesar de su importancia en las obras marítimas y su vinculación al desarrollo económico y social, las técnicas de dragado siguen siendo una de las ramas más desconocidas de la ingeniería civil.

## 4.2. EL PROCESO DE DRAGADO Y SUS OPERACIONES

El proceso de dragado comprende cuatro partes diferentes, que originan diversos métodos según se efectúe:

1. El tratamiento previo del material a dragar. En determinadas ocasiones, es necesario efectuar un quebrantamiento previo del material, con un medio independiente a la máquina que lo extraiga desde posteriormente del fondo.
2. La extracción del material desde el fondo hasta la superficie, por medio de una máquina especial: la draga.
3. El transporte del material extraído, desde la zona de dragado a la zona de descarga.
4. La descarga del material transportado en el lugar asignado al efecto.

### 4.2.1. Tratamiento previo

El tratamiento previo del material es requerido cuando la naturaleza del material no permite la excavación directa de la draga. Se refiere fundamentalmente a materiales de naturaleza rocosa.

Cuando se trata de material no rocoso, la disgregación del material del fondo tiene lugar en el mismo momento del arranque o extracción. También, cuando la draga es lo suficientemente potente, incluso en material rocoso, la excavación puede efectuarse directamente sin necesidad de un quebrantamiento previo.

Un quebrantamiento previo, se puede efectuar de dos maneras:

- Por medios químicos, mediante el uso de explosivos. Los procedimientos básicos de voladuras submarinas son tres:
  - ✓ Utilizando cargas confinadas en taladros realizados en material.
  - ✓ Utilizando cargas huecas, es decir, haciendo explotar la dinamita que rellena un recipiente especial apoyado sobre el material a volar.
  - ✓ Haciendo explotar el cartucho de dinamita directamente apoyado en suelo del fondo o entre los huecos de la roca a quebrantar.
- La otra manera de quebrantar previamente el material a extraer es utilizando medios mecánicos.

El procedimiento mecánico se consigue mediante el uso de pilones romperocas, martillos picadores o cabezales fresadores.

#### 4.2.2. Extracción del material

La extracción del material comprende las operaciones de arranque del mismo y su elevación desde el fondo hasta el elemento de transporte.

El arranque de material puede realizarse de tres maneras.

- ✓ En primer lugar, mecánicamente, utilizando un cazo, cangilón, cuchara, etc., que separa el material mediante la fuerza que se le imprime. El arranque es ayudado, a veces con dientes o cuchillas dispuestas en el borde de corte.
- ✓ En segundo lugar, hidráulicamente mediante arrastre por agua que es succionada.
- ✓ Por último, mediante un arranque mecánico y un arrastre hidráulico.

#### 4.2.3. Transporte del material

La tercera operación asociada al trabajo de dragados es el transporte del material desde área de dragado al área de depósito. Puede realizarse de diversas maneras:

- ✓ En la misma draga que se autocarga con el material que extrae, y lo transporta a la zona de depósito (fig.4.2.a).
- ✓ El material lo pueden transportar otras embarcaciones, los gánguiles, que reciben el material de la draga y lo llevan al área de vertido (fig.4.2.b).



Figura 4.2.a. Dragas autocargadoras



Figura 4.2.b. Gánguil

- ✓ También el material puede transportarse a través de tuberías, impulsado en mezcla con el agua. La impulsión puede realizarse desde la misma draga o con la ayuda de estaciones auxiliares de bombeo. Estas tuberías pueden estar tendidas en el mar, ya sea instalada en el fondo o en la superficie mediante flotadores, y pueden estar tendidas en tierra.
- ✓ Utilizando fuerzas naturales, como las corrientes de marea o litorales y las olas.
- ✓ El transporte se puede realizar por medio de cintas transportadoras.



#### 4.2.4. Descarga del material

Es la última operación en un dragado, se descarga desde el medio de transporte al área de vertido. Se puede descargar el material al mar o en tierra firme.

Esta descarga puede realizarse:

- ✓ Por fondo, el material se descarga por gravedad al mar desde el medio de transporte (fig.4.3.a).
- ✓ Mediante el empleo de almejas o cucharas, que vacían el material del medio de transporte y lo echan al área de vertido.
- ✓ Por tuberías, siendo una continuación del método de elevación del material del fondo (fig.4.3.b).
- ✓ Mediante bombas que vacían la embarcación de transporte.



Figura 4.3.a. Descarga por gravedad.



Figura 4.3.b. Descarga por tubería.

#### 4.2.5. Técnicas de dragado empleado a nivel mundial

De la amplia variedad de metodologías o técnicas de dragado utilizadas en el mundo, a continuación se describirán algunas de ellas que tendrían una mayor probabilidad de aplicación al presente proyecto. Existen otros métodos de dragado que no serían aplicables al presente proyecto y por lo cual son excluidos de la presente descripción (por ejemplo sistemas fijos, martillos, dragalinas). Asimismo se expondrán los efectos ambientales de la utilización de estas tecnologías y de las técnicas asociadas a cada una de ellas para el manejo del material dragado.

### 4.3. CLASIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE DRAGADO

Las obras de dragado están especialmente relacionadas con la construcción o mantenimiento portuarios y con la regeneración de playas, aunque sus aplicaciones son mucho más diversas. De esta manera, se pueden clasificar las obras de dragado en función de su objetivo o destino.

Por otro lado, las condiciones en que se desarrolla el dragado son también muy distintas en función del emplazamiento de la obra y de las características del terreno a dragar. Estos dos factores permiten también clasificar las obras de dragado.

#### 4.3.1. Según el objetivo o destino del dragado

Los dragados tienen gran importancia en las obras portuarias, tanto en el mantenimiento y mejora de sus calados, como en el desarrollo de nuevas instalaciones o en la creación de nuevos puertos. La mayoría de puertos necesitan en algún momento trabajos de dragado para mejorar las condiciones de navegación en su interior. De la misma manera, estas obras permiten mantener o ampliar los cauces de los ríos, y mejorar su capacidad de desagüe. Las explotaciones de materiales para la construcción y minerales en medio marinos pasan por un dominio de las técnicas de dragado a fin de obtener un rendimiento óptimo.

Otro destino cada vez más común del material dragado es su uso como material de relleno o de sustitución. En diversos tipos de obra se requieren rellenos con tierra, como puede ser el trasdosado de muelles, en bases de carreteras, en aeropuertos, o bien la sustitución de terrenos de mala calidad, para mejorar las condiciones geotécnicas en cimentaciones de muelles o de cualquier otro tipo de estructura. El dragado también permite excavar zanjas para tuberías o cables.

En otros casos, el dragado forma parte de actuaciones de corrección ambiental, como la limpieza de fondos contaminados o el drenaje de zonas pantanosas. En los últimos años han tomado también gran importancia los dragados asociados a la regeneración y conservación de las playas mediante aportaciones artificiales de arena.

En la actualidad las técnicas de dragado están resultando vitales en obras en las que se pretende generar grandes superficies útiles en el mar, a menudo asociadas al transporte de mercancías y pasajeros, como por ejemplo la isla artificial construida en Hong-Kong para albergar un aeropuerto (Figura. 4.4)



Figura 4.4. Construcción de la isla artificial Chek Lap Kok en Hong-Kong.

#### 4.3.2. Según el emplazamiento

Las condiciones en que se desarrollan las obras de dragado son también muy distintas en función del emplazamiento de la obra respecto a la línea de costa, pudiendo realizarse en mar abierto, en la zona costera, o en aguas abrigadas, ya sea en el interior de un puerto, un río o un lago.

#### 4.3.3. Según las características del terreno

Los terrenos a dragar pueden ser de naturaleza muy diversa, desde rocas duras hasta fangos, por lo que el comportamiento frente a la excavación, al transporte y al vertido es diferente en cada caso. La naturaleza del material a dragar condiciona pues en gran medida la draga y la técnica de dragado utilizada.

### 4.4. LOS EQUIPOS DE DRAGADO

Dada la gran diferencia de condiciones respecto a las obras terrestres, se necesita una maquinaria especializada para realizar las obras de dragado que ha evolucionado mucho en los últimos años.

Las dragas suelen clasificarse en función del tipo de acción que ejercen en el terreno a extraer durante el proceso de arranque. Así, existen dos grupos generales de dragas:

1. Dragas mecánicas, en las que el arranque del material se consigue mediante la fuerza que un elemento mecánico imprime sobre el fondo, este elemento puede ser un cazo, un cangilón, una cuchara, .etc. (fig.4.5).

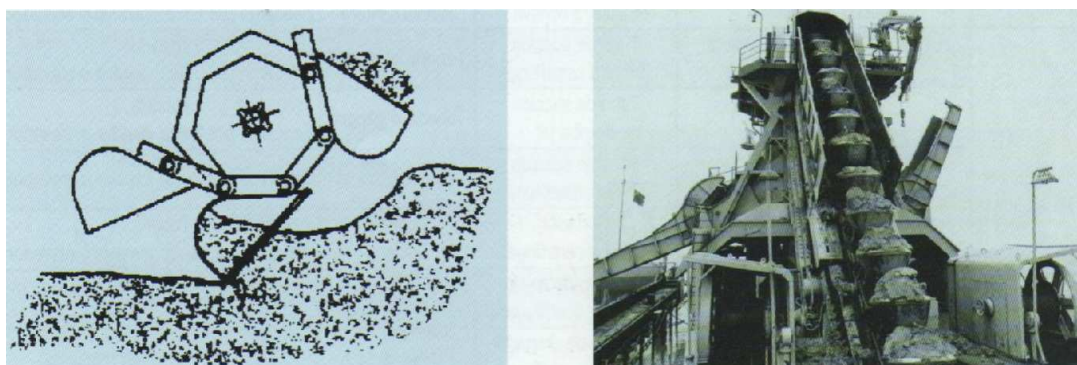
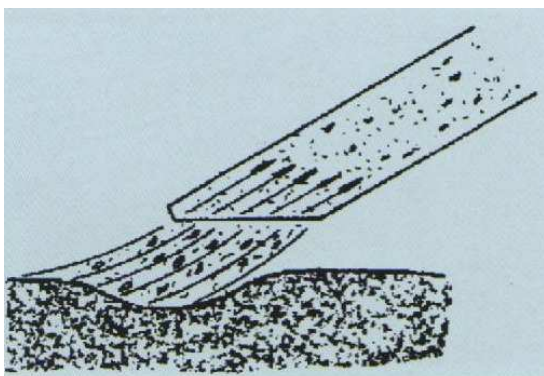


Figura 4.5. Arranque mecánico.

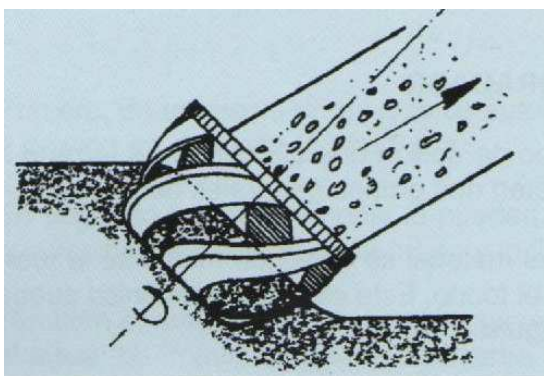
2. Draga hidráulicas, que efectúan el arranque mediante la creación de una corriente de agua que arrastra partículas del fondo marino (fig.4.6).





**Figura 4.6. Arranque hidráulico**

También se consideran dragas hidráulicas aquellas que combinaban el arrastre hidráulico con un dispositivo mecánico, como un cortador, por ejemplo (fig.4.7). La acción giratoria del cortador disgrega el material que, al mismo tiempo, es succionado hidráulicamente.



**Figura 4.7. Arranque mixto**

La variedad de equipos y métodos de dragado es muy extensa, siendo lo más usual clasificarlos según el método utilizado para la excavación del material en dragas mecánicas o hidráulicas.

Dentro de la gran variedad de equipos de dragado existentes, algunos de ellos se han especializado en una de las tres fases de operación (excavación, transporte o vertido), pero otros son capaces de realizar todo el conjunto de la operación sin necesitar equipos o instalaciones auxiliares. La (fig.4.8) muestra los principales equipos de dragado existentes en la actualidad.

En general, los métodos de dragado pueden ser clasificados por el tipo de draga a ser utilizada: mecánica o hidráulica. Además de la diferencia conceptual que da origen a estas dos familias de dragas, existe una gran diferencia de rendimiento a favor de las hidráulicas.





Figura 4.8. Clasificación de las dragas actuales.

Como ya hemos dicho que las dragas mecánicas se caracterizan por extraer el material con un contenido de sólidos mucho mayor que las dragas hidráulicas, pero a su vez presentan rendimientos horarios mucho más limitados. Por este motivo, salvo en ocasiones donde el tipo de material o las restricciones propias del sitio lo impiden, las dragas hidráulicas son las preferidas, hecho que se manifiesta en la conformación de la flota mundial de dragas y en el volumen dragado ejecutado con estos equipos.

#### 4.4.1. Dragas Mecánicas

Debido a que corresponden a equipos de excavación terrestres adaptados para la profundización de lechos, las dragas mecánicas fueron las primeras en ser desarrolladas.

Son equipos que realizan el dragado extrayendo los sedimentos con su humedad natural, sin diluirlos. Estas dragas no son autopropulsadas por lo que requieren una embarcación auxiliar para su transporte y posicionamiento. El material extraído se vuelca en chatas, que lo transportan y descargan en los sitios de disposición. Estas características limitan las posibilidades de este tipo de dragas para el transporte del material. Según su diseño, las dragas mecánicas son clasificadas como excavadoras, de cangilones, y con grampas. A continuación se describen los equipos mencionados.

**Draga excavadora:** son equipos que extraen el material mediante una pala mecánica, del mismo modo que lo realiza una excavadora en tierra. Estos equipos, debido a la fuerza de la pala mecánica, son utilizados para extraer materiales con gran contenido de sólidos.

Las dragas excavadoras pueden ser construidas montando equipos terrestres (palas con cuchara de empuje o retroexcavadoras) sobre pontones flotantes o bien ser diseñadas específicamente. Son especialmente aptas para dragados cercanos a obstáculos (ejemplo, pie de muelles). Presentan tres limitaciones particulares: sus movimientos están limitados a la longitud del brazo, la capacidad de la cuchara y su operación de tipo discontinua (la extracción se realiza por ciclos que se inician con el llenado de la pala). La forma de extracción controlada de estas dragas asegura una mínima dispersión de suelos contaminados. La figura 4.9 muestra una imagen de una draga excavadora.

La capacidad del balde es variable, siendo frecuente el de 8 m<sup>3</sup>. La profundidad de dragado puede alcanzar, en las más grandes, los 20 m, aunque por lo general están limitadas a profundidades de alrededor de los 10m. La capacidad de producción de estas dragas puede estimarse entre 250 y 450 m<sup>3</sup>/h. Como en todas las dragas mecánicas el producto del dragado debe depositarse en embarcaciones auxiliares (chatas) para su transporte hasta el punto de disposición fina



Figura 4.9. Draga Excavadora

**Draga de cangilones o rosario (Bucket dredge):** este tipo de draga realiza la extracción del suelo mediante una cadena de baldes que gira, como en una noria, sostenida por una escalera. El extremo exterior de la escalera, junto con los baldes y la cadena, es sumergido hasta el fondo a dragar. Cada uno de los baldes extrae una porción del material y es desplazado por la cadena hasta la superficie.

El trabajo de la draga de cangilones es continuo y por esto más eficiente que otras dragas mecánicas. La Figura 4.10 muestra una draga de cangilones con su tren de dragado completo, pudiendo observarse en este caso la presencia de dos chatas destinadas al transporte del material dragado.

La cantidad necesaria de dichas embarcaciones debe seleccionarse de manera que siempre exista una de ellas al costado de la draga recibiendo el material dragado (y evitando tiempos muertos en la operación del equipo principal) mientras las restantes cumplen el ciclo de transporte, vaciado y retorno al costado de la draga.

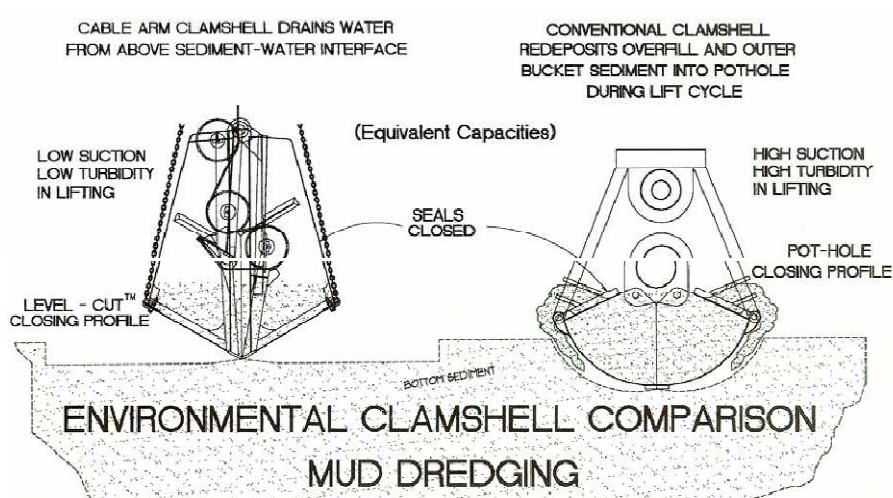


Figura 4.10. Draga de cangilones

Las dragas de cangilones generalmente se usan en zonas protegidas o con condiciones hidrometeorológicas muy favorables. Son de uso frecuente en dragados para minería y, dentro del ámbito portuario, para el dragado del interior de recintos con fondos barrosos. La perturbación que generan (turbidez, dispersión de partículas, etc.) es relativamente escasa, menor a medida que el material se presenta más compacto o es de tamaño de grano mayor.

La capacidad conjunta de los baldes de una draga de cangilones puede alcanzar los 800m<sup>3</sup> y se han construido dragas de cangilones para dragar hasta más de 50 m de profundidad. Sin embargo, para el uso portuario, las dimensiones son usualmente más limitadas. La capacidad de producción de estas dragas es aproximadamente de 300 a 750 m<sup>3</sup>/h.

**Draga de grampa o “almeja”:** Este tipo de draga remueve los materiales con una cuchara cuya forma es parecida a una almeja que se deja caer abierta para que muerda el material de fondo. Luego se la cierra herméticamente para su izado. Con un sistema de cables se iza la almeja a la superficie y el material se vuelca en chatas. Éstas lo transportan y descargan en los sitios de disposición. Las dragas de grampa pueden ser construidas montando equipos terrestres sobre pontones flotantes o bien ser diseñadas específicamente. Al igual que en las dragas excavadoras, el trabajo de estos equipos es discontinuo y caracterizado por la limitada capacidad de la cuchara.



**Figura 4.11. Diseños de Almejas y su Compatibilidad con el Ambiente (Cable Arm® Clamshell)**

Como se puede ver en la figura, el diseño de la izquierda, por su forma, genera menos turbidez que el de la derecha que es un diseño de almeja convencional. La almeja ambientalmente apta debe poseer las siguientes características:

- Mientras se abre y cierra, debe realizar el corte del material en un plano horizontal.
- El abrir y cerrar de la cuchara es realizado hidráulica o mecánicamente con cables especiales.
- Debe ser herméticamente cerrada la almeja, una vez que contiene el material, para evitar derrames.
- La grúa debe estar equipada con un sistema de posicionamiento para poder manipular los cables como es debido. Un codificador es utilizado para medir la longitud del cable, y de esta manera poder determinar con precisión la profundidad a la que debe posicionarse la almeja.

La capacidad del balde puede alcanzar los 13 m<sup>3</sup> y las profundidades de dragado hasta 40 m. La capacidad de producción de estas dragas es un poco mayor que la de las dragas excavadoras.

#### 4.4.2. Dragas Hidráulicas

Como ya hemos dicho antes, las dragas hidráulicas son unidades que realizan un trabajo completo de dragado (entendiendo por tal la extracción, el transporte y la disposición final de los suelos a remover); es decir, son capaces de extraer los sedimentos, depositarlos dentro de la propia draga o en otro sitio, y transportarlos mecánica o hidráulicamente.



Esta característica hace que este tipo de draga opere de manera más eficiente y económica. Los equipos hidráulicos de uso más común son las dragas de succión por arrastre (también conocidas como dragas de tolva o “hopper”) y las de cortador, aunque existen otras de interés para aplicaciones particulares, como las dustpan y las de rueda.

A continuación se describen las dragas mencionadas, poniendo énfasis en las que tienen mayor posibilidad de aplicación para el proyecto

**Draga de succión por arrastre:** estos equipos extraen el material diluido por bombeo, con una concentración entre el 10 y el 20%. Este tipo de draga se caracteriza por tener uno o (uno en cada banda) tubos de succión en cuyo extremo inferior se coloca un cabezal.

Las bombas aspiran el material a través de los tubos de succión mientras los cabezales se desplazan por el lecho acompañando la navegación de la draga. En la draga, los sedimentos se depositan en una bodega denominada cántara o tolva. Una vez en la cántara los sedimentos decantan hacia el fondo de la misma quedando agua sobrenadante por encima de ellos (en el caso de suelos finos la decantación de las partículas en la cántara puede ser muy lenta). Una vez que se llena la cántara, el líquido sobrenadante comienza a salir por aberturas superiores (rebalse).

El dragado continúa hasta que la concentración de la mezcla succionada es del orden de la que rebalsa por la cántara. La duración de la operación de llenado de la cántara depende, en consecuencia, del tipo de suelo dragado, pudiendo ser óptimo no utilizar el rebalse en el caso de suelos muy finos. La Figura 4.12 muestra un esquema de una draga de esta clase.

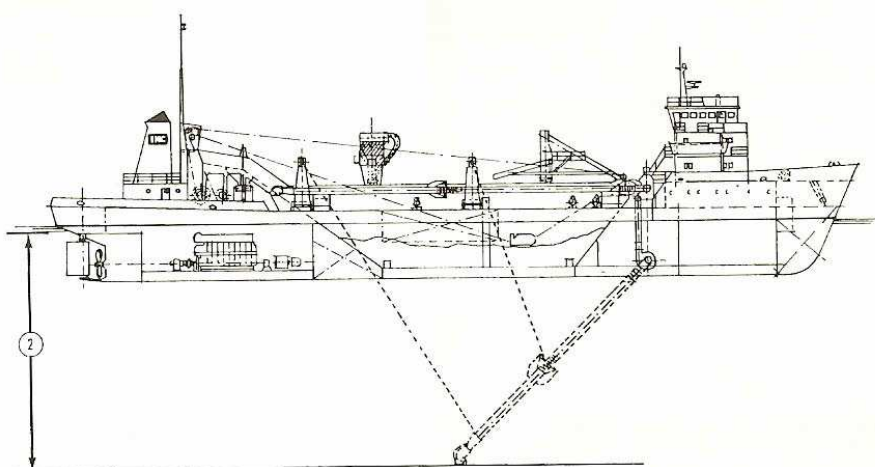


Figura 4.12. Dragas de succión por arrastre

Una vez finalizado el llenado, el material dragado es transportado en la draga hasta el sitio de disposición, donde se descarga el contenido de la cántara. La forma de descarga más habitual es mediante compuertas de fondo que pueden ser deslizables o de apertura hacia abajo.

Asimismo, estas dragas presentan otras opciones, como ser, la de bombeo a distancia por proa (para lo cual se las conecta a una tubería de descarga mientras la draga permanece fondeada y las bombas de la draga producen el vaciado de la cántara) o la conocida como “rainbowing”, en la cual el proceso es similar al descrito precedentemente pero el material se arroja libremente a través de una tubería en forma de cañón situada en la proa (este sistema es especialmente útil en los procesos de rellenos costeros, pero su alcance es muy limitado). También existen dragas con casco partido, en las que el casco del buque se abre a la mitad (en dos partes) para la descarga del material.

La eficiencia de estas dragas depende del tipo de material de fondo, de la potencia de las bombas, de las condiciones hidrometeorológicas, de la velocidad de operación, del diseño de los cabezales y de la distancia entre la zona de trabajo y la zona de vaciado.

Actualmente existen variedades de cabezales que se adaptan a distintos tipos de fondo y exigencias ambientales. Para cada tipo de fondo se puede optar por un cabezal específico.

El dragado de suelos de arenas compactas y gruesas o gravas se puede efectuar mediante un cabezal denominado California. Este cabezal contiene una rejilla o reja que regula la entrada de objetos (ver Figura 4.15).

De esta manera, se controla el ingreso de objetos de gran tamaño que pueden dañar la bomba de succión. El diámetro de la tubería de succión puede variar entre 450 y 1200mm.

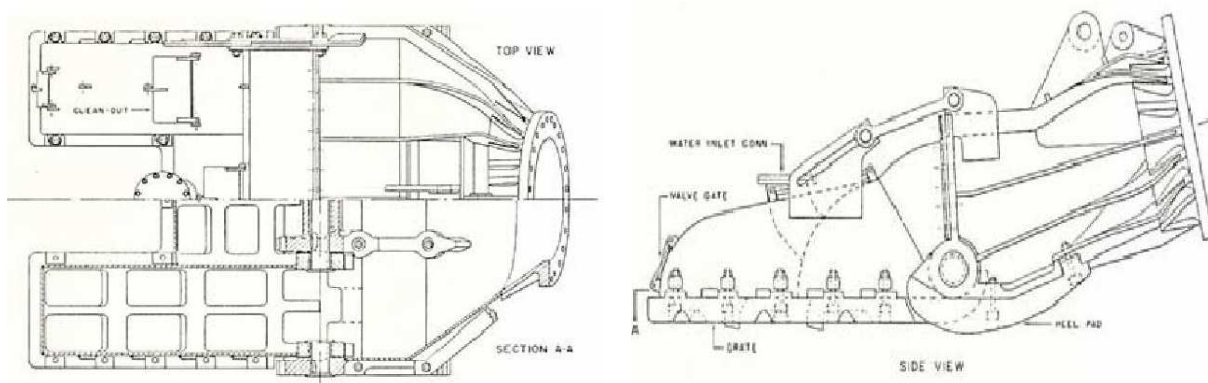


Figura 4.15. Cabezal California

El dragado de arenas se puede efectuar mediante un cabezal denominado Venturi. Este diseño fue promovido alrededor de 1970, y está conformado por dos partes principales:

- En el eje central, una sección con capacidad de regular la apertura de la boca de succión.
- Jets de agua de alta presión para remover las arenas de mayor densidad, fig 4.16

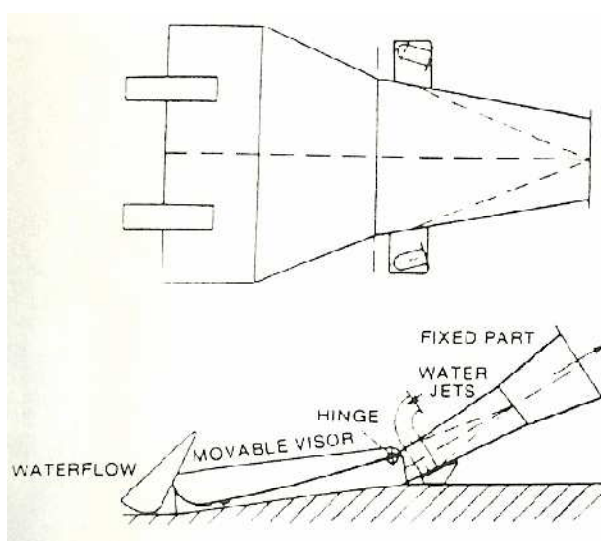


Figura 4.16. Cabezal Venturi

Si se quiere dragar arcillas medianas, firmes y compactas, es necesaria la utilización de un cabezal de tipo activo. Estos cabezales pueden estar integrados por una serie de cuchillos dispuestos en forma circular que rotan (ver Figura 4.17). Este sistema de rotación en una draga que se encuentra en movimiento mientras draga genera piezas pequeñas de material.

Otro diseño de cabezal de tipo activo contiene una cuchilla dispuesta perpendicularmente al suelo. Este sistema corta el suelo a la profundidad de dragado que sea necesaria

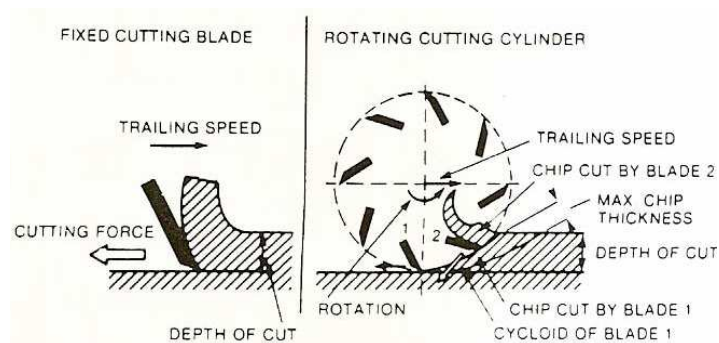


Figura 4.17. Cabezales Activos

Para poder dragar suelos más duros, como arcillas consolidadas, se confeccionó un diseño de cabezal denominado DRACULA (Dredging and cutting using liquid action). Este sistema integra chorros de agua a presión en el cabezal. Como resultado se solucionan ciertos problemas como el apelotonamiento del material en el cabezal que dificulta la succión del mismo.

Para el dragado de suelos finos y compactos (arenas muy finas consolidadas) se construyó un cabezal denominado Wild Dragon. Para poder lograr un mayor rendimiento, en los cabezales se instalan chorros de alta presión de agua en los dientes. Con estos sistemas se pueden extraer suelos de arenas finas consolidadas.

El aumento de la turbidez de las aguas es mayor en estos equipos que en las dragas mecánicas, pero se puede disminuir si la velocidad de dragado es menor. Por esta razón es recomendable que este tipo de draga se utilice con sedimentos no contaminados. De lo contrario deberían tomarse precauciones como, por ejemplo, no usar el sistema de rebalse, realizar el dragado a una mínima velocidad para evitar turbidez y posible contaminación de las aguas, utilizar medidas de contención de la dispersión (por ejemplo, barreras o cortinas) o utilizar cabezales especiales.

A lo largo de los años se han diseñado diversas adecuaciones con fines ambientales para este tipo de dragas, algunas de ellas son las siguientes:

- Una cántara de gran capacidad con características especiales que ayuden a incrementar los índices de sedimentación del material dragado.
- Control en los rebalses, para reducir el derrame de sedimentos suspendidos.
- Control de acumulación de agua en los caños de succión, separando el agua limpia del agua que contiene sedimentos.
- Desgasificación de la mezcla de agua y sedimentos (estos sistemas se utilizan para evitar que los sedimentos suspendidos suban a la superficie por medio de las burbujas de gas).
- Sistema de recirculación cerrado entre el agua sobrenadante en la cántara y el cabezal.

La capacidad de la cántara varía ampliamente según el tipo de draga; la gran mayoría de la flota mundial tiene cántaras de hasta 10.000 m<sup>3</sup> pero existen dragas con cántaras de hasta 35.000 m<sup>3</sup>. Las dragas grandes alcanzan profundidades de hasta 50 m (aunque existen algunas adaptadas para trabajar a más profundidad). La capacidad de producción de estas dragas, que trabajan en forma continuada durante largos períodos, es muy variable en función del tipo de suelo, el tamaño de la cántara y la distancia entre la zona de dragado y la de vaciado.

***Draga de succión con cortador:*** estos equipos extraen una mezcla de sedimentos y agua con una concentración normalmente comprendida entre 10 y 15%.



Conceptualmente similar a la anterior, la draga posee, además del tubo de succión (único en este caso), un cortador rotativo que disgrega el material consolidado. Existe una amplia variedad de cortadores que pueden ser clasificados como de cuchillas o de dientes (ver Figura 4.18 y Figura 4.19).

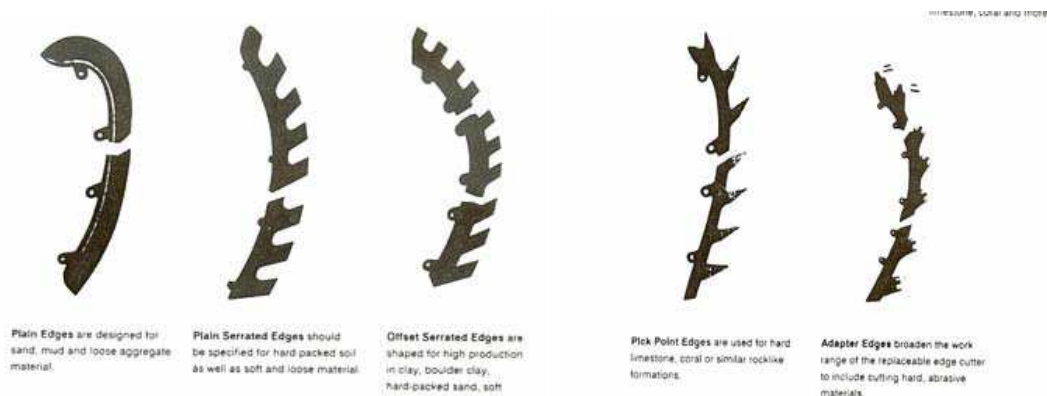


Figura 4.18. Distintos tipos de filos de cortadores a cuchillas.

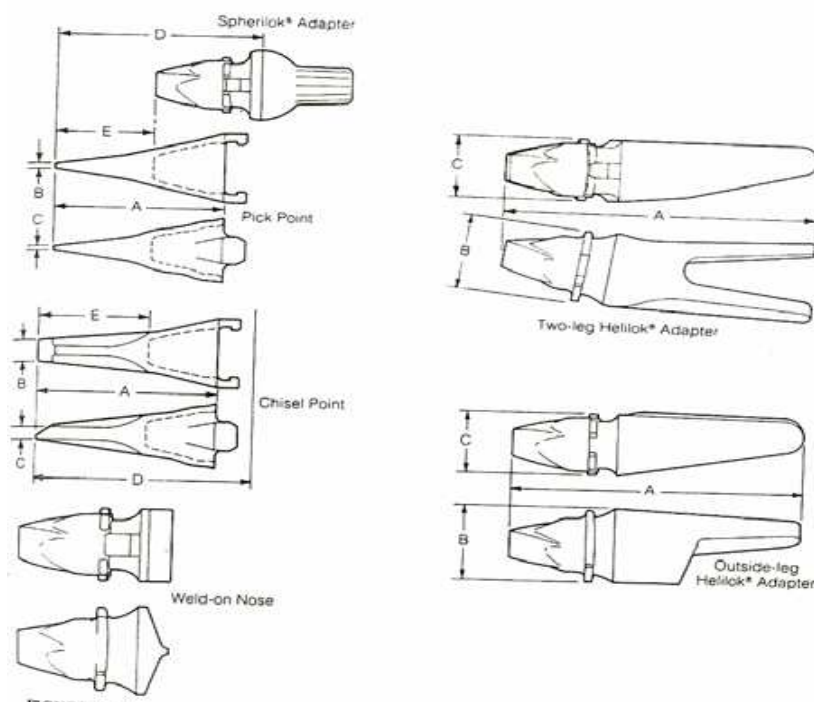
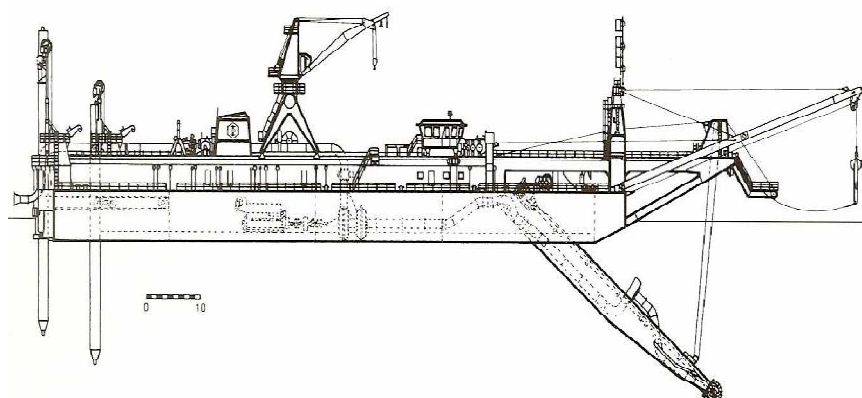


Figura 4.19. Diseños de puntas de cortadores de dientes.

En las figuras anteriores se muestran esquemas de los distintos tipos de elementos con los que se conforma un cortador. Dependiendo de las características del suelo, se disgregará el material con cuchillas o con dientes.

Una vez disgregado el material, el mismo es absorbido por la bomba a través del tubo de succión y descargado directamente a la zona de vaciado a través de tubos de descarga. Este sistema permite disponer el material en forma prácticamente continua a grandes distancias del lugar de trabajo, pero los tubos, que usualmente se mantienen en-

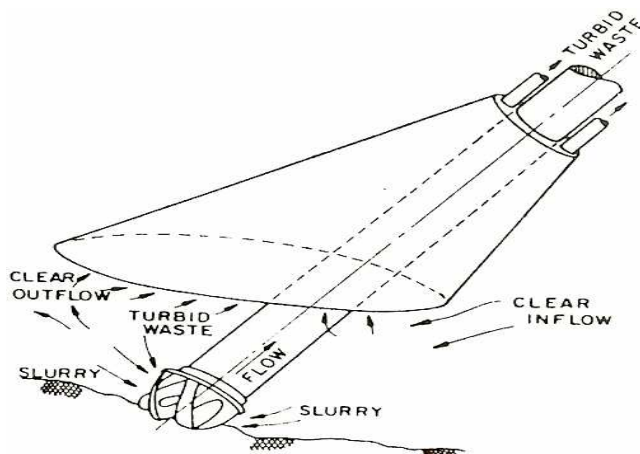
la superficie mediante flotadores, pueden obstaculizar el tráfico marítimo. Adicionalmente, las condiciones climáticas pueden limitar el tendido de tubos. Alternativamente, estas dragas permiten descargar el material a gánguiles abarloados a la draga. En la Figura 4.20 se puede ver un esquema de una draga de cortador. Estas dragas son estacionarias desde el punto de vista de su forma de dragar (permanecen fijas al suelo mediante un pilón situado en proximidades de la popa, tal como puede verse en la figura mencionada) y sólo las más grandes y modernas cuentan con propulsión propia, que utilizan exclusivamente para desplazarse entre distintos lugares de trabajo.



**Figura 4.20. Dragas de Cortador**

Estos equipos fueron concebidos para tener la capacidad de reducir el tamaño de suelos compactos y consolidados. Las dragas con cortador, por sus características de remoción del material, originan valores altos de turbidez en las zonas de dragado y de refulado. Para limitar el impacto ambiental que se genera en la zona de dragado se pueden utilizar pantallas en los cortadores.

Por ejemplo, los cortadores pueden tener una protección de sección cónica que encierra la zona de resuspensión. De esta manera se succiona la mayor parte del material, minimizando los valores de turbidez generados. La Figura 4.21 esquematiza un cortador con pantalla.



**Figura 4.21. Dragas de succión con Cortador con pantalla**

- Dragas con cortador de disco. Estas dragas están equipadas con un cortador en forma de disco (Figura 4.22). La boca de succión está situada dentro del cortador para evitar derrames. Este sistema previene el alto enturbiamiento de las aguas. También se logra alta precisión en el posicionamiento del disco alcanzando la profundidad adecuada para dragar y disminuyendo la turbidez. (International Association of Dredging Companies, 1998).

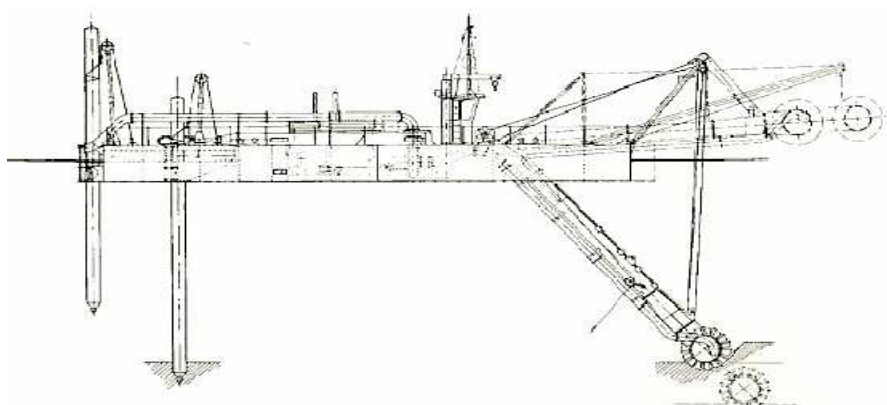


Figura 4.22. Draga de succión con cortador de disco

- Draga con cortador de cuchara (Scoop Dredge). Esta draga tiene una cuchara que actúa como cortador del material y es utilizada comúnmente para materiales de fondo contaminados y consolidados. Esta draga no contiene cortadores que rotan y, por lo tanto, la turbidez y los volúmenes de agua son controlados. Durante la operación pueden generarse burbujas de gases (cavitation); por lo tanto se les adiciona un diseño especial de desgasificación.

Las dragas con cortador pueden dragar profundidades de hasta 30 m. La capacidad de producción de estas dragas varía de acuerdo con la potencia instalada (que normalmente es función del tamaño el equipo), el tipo de suelo extraído y la distancia de bombeo involucrada en un amplísimo rango.

***Draga a succión con rueda de baldes:*** son equipos similares a la draga de succión con cortador; la diferencia se encuentra en que el sistema cortador es una rueda de baldes con un filo cortante. Existen diferentes diseños de ruedas, como por ejemplo dos ruedas paralelas, capaces de desintegrar suelos más difíciles de extraer (de mayor grado de consolidación). Este tipo de draga con rueda, absorbe los materiales que disgrega mediante succión y los bombea a través de ductos al sitio de disposición tal como una draga de cortador. Estos sistemas pueden completarse con cortadores, en la Figura 4.23 se puede observar un esquema de la draga de rueda y con cortador.



**Figura 4.23. Draga con Rueda y con Cortador**

Estos equipos son utilizados en suelos muy consolidados. Por su estructura y forma de disgregar el material provocan gran cantidad de turbidez en el agua. Pueden dragar a profundidades de 25-30 m según el largo del brazo. La tubería de succión tiene diámetros variables de 300-500 mm. De acuerdo con dicho diámetro, la potencia de la bomba y la capacidad de los baldes, estará determinada la producción general de la draga.

Según datos de 1994, las dragas hidráulicas representan el 60% de la flota mundial, y las mecánicas el 40% restante.

Las dragas cortadoras o “cutter” son las más abundantes, con casi un 37% de la flota, seguidas de las de cuchara con un 24.5%. Prácticamente la mitad de la flota se concentra en tan sólo cinco países: Estados Unidos, Países Bajos, Bélgica, Reino Unido y Japón (Llorca, J., 1997).

Los volúmenes medios de dragado anuales en España estaban en 1994 alrededor de los 15 millones de m<sup>3</sup>. Esta cantidad representaba menos del 1% del volumen total mundial.



#### 4.4.3. Una tabla de resumen, clasificación de las dragas y métodos de transporte

Clase	Tipo	Método de extracción	Método de transporte	Método de vertido
	Dipper de empuje	Pala frontal	Gánguil	Descarga por fondo, bivalvo o elevador
	Dipper de retroexca.	Cazo retroexcavador	Gánguil	Descarga por fondo, bivalvo o elevador
	Draga de rosario estacionaria	Rosario de cangilones	Gánguil	Descarga por fondo, bivalvo o elevador
<i><b>mecánica</b></i>	Draga de rosario autopulsada	Rosario de cangilones	Gánguil	Descarga por fondo, bivalvo o elevador
	Dragalina	Cuchara de arrastre	Gánguil	Descarga por fondo, bivalvo o elevador
	Almeja estacionaria	Cuchara bivalva	Gánguil	Descarga por fondo, bivalvo o elevador
	Almeja autopuls.	Cuchara bivalva	Propia cántara	Descarga por fondo, bivalvo o elevador
	Draga de succión estacionario sin cántara	Tubo de succión. Bomba centrífuga.	Tubería o gánguil	Tubería. Descarga por fondo, bivalvo o elevador.
	Draga de succión estacionaria sin cántara	Tubo de succión. Bomba centrífuga.	Tubería o gánguil	Tubería descarga por fondo, bivalvo o elevador
	Draga eductora	Tubo de succión Bomba jet	Tubería o gánguil	Tubería descarga por fondo, bivalvo o elevador
<i><b>Hidráulica</b></i>	Draga de succión estacionaria con cántara	Tubo de succión. Bomba centrífuga.	Propia cántara	Descarga por fondo, bivalvo o elevador
	Draga de succión con cortador	Cortador Bomba centrífuga.	Tubería Gánguil	Tubería Descarga por fondo, bivalvo o elevador
	Draga de rueda de cangilones	Cangilón de rueda. Bomba centrífuga	Tubería.	Tubería.
	Draga de succión en marcha	Cabezal de dragado. Bomba centrífuga	Propia cántara	Descarga por fondo o tubería.

**Tabla 4.1. Clasificación de las dragas**

#### 4.5. METODOLOGÍAS PARA EL DRAGADO DE SUELOS DUROS

Cuando se tienen suelos significativamente duros existen tres posibilidades básicas de profundización: el dragado con dragas de cortador, la disgregación mediante percusión, y la voladura.

El método de dragado con cortador ya fue explicado, indicándose que para el dragado de suelos duros se pueden utilizar cortadores con dientes de acero de alta resistencia. El rendimiento de estos dragados es bajo y sólo pueden ser utilizados con suelos de hasta una determinada dureza. El límite de dureza admisible del suelo depende del tamaño de la draga (esencialmente, de la potencia del motor que acciona el cortador) y del tipo de cabezal. Por lo general, las dragas de cortador medianas y grandes son capaces de cortar rocas calcáreas, no así las graníticas y basálticas. Recientemente, se han construido dragas de gran potencia instalada (con hasta 6000 kW sólo en el motor del cortador) para las cuales los límites de utilización se han ampliado en forma casi irrestricta.

En ciertas ocasiones se puede utilizar la percusión para disgregar el suelo a extraer. Al igual que con el sistema por voladuras, este tipo de dragado debe combinar dos tipos de equipos. El primero es para disgregar el material y el segundo para extraerlo a la superficie. Los percutores incluyen martillos mecánicos o hidráulicos. El rendimiento es muy limitado, más aún que en el caso de los cortadores, pero pueden disgregarse rocas más duras. Este tipo de dragado prácticamente no tiene uso actual y se caracteriza por los posibles impactos debidos a la generación de vibraciones.

El dragado mediante voladura tiene la principal ventaja de ser apto para casi cualquier dureza de material; sin embargo, presenta varias desventajas:

- Restricciones ambientales y percepción negativa del público
- Requiere medidas preventivas costosas
- El dragado es muy costoso (hasta 50 veces el costo de un dragado tradicional)
- Impactos producidos por la onda expansiva a través del suelo y del agua

A pesar de estos inconvenientes, el dragado mediante voladura es a veces necesario. El adecuado diseño del sistema de cargas y la programación de microretardos entre voladuras conduce a la disminución de la generación de vibraciones.

#### 4.6. METODOLOGÍAS DE MANEJO DEL MATERIAL DRAGADO

La selección del sitio de depósito del material extraído es una etapa crítica del proyecto y es previa al inicio del dragado. Existe una amplia cantidad de alternativas de sitios en los que se puede disponer el material; a continuación se enumerarán algunas de ellas.

Las alternativas de disposición están clasificadas en categorías de acuerdo con su proximidad a las aguas superficiales. Estas categorías son: recinto de disposición tierra adentro (DTA), recinto de disposición costera confinada (DCC) y recinto de disposición acuática confinada (DAC). También pueden disponerse en aguas abiertas, en recapado, ser reutilizados para usos benéficos, o pueden recibir un tratamiento adecuado. En las siguientes subsecciones se describen estas alternativas de disposición del material dragado, con sus respectivas consideraciones ambientales.

#### 4.6.1. Disposición en Aguas Abiertas

Históricamente este método ha sido la forma más tradicional de disposición de sedimentos. Consiste en disponer el material dragado en una zona acuática alejada del lugar de dragado y ubicada de modo tal de asegurar que el material depositado no volverá hacia la zona de donde se lo retiró. La principal ventaja es la economía, siempre que la distancia al sitio de transporte no sea excesiva. En la Figura 4.24 se muestra una imagen de un barco disponiendo el material dragado en aguas abiertas.

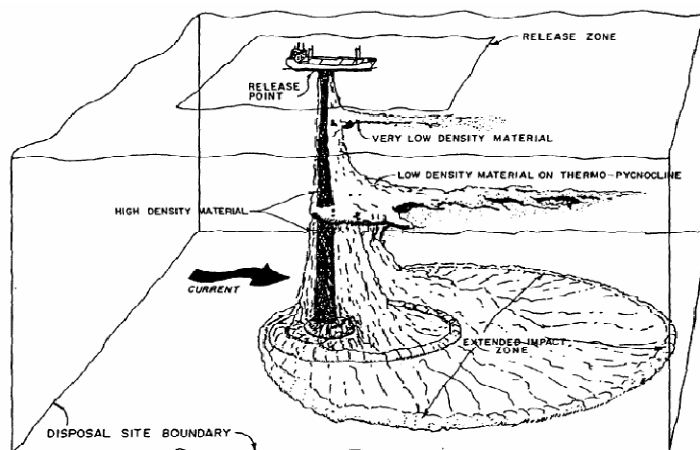


Figura 4.24. Disposición en aguas abiertas

En la imagen se ve con claridad las plumas de dispersión que se generan mediante la disposición de material en aguas abiertas. Esta forma de disposición se encuentra reglamentada para materiales contaminados, por el impacto que puede ocasionar en el medio receptor.

#### 4.6.2. Recapado o cobertura (Capping)

Esta técnica consiste en disponer material contaminado en aguas abiertas, tapándolo con una capa de material limpio para aislarlo. El concepto se basa en numerosos estudios cuyos resultados indicaron que el mantenimiento de sedimentos contaminados en condiciones anóxicas similares a las que existían en el sitio dragado, favorece la inmovilización química.

Existen dos alternativas: una, in situ, y otra ex-situ. La primera se utiliza para encapsular el material contaminado en el lugar donde se halla ubicado y reducir las vías de migración de los contaminantes y la exposición de los seres vivos.

El segundo método se aplica en forma similar a un DAC, sin construir terraplenes o paredes de contención del material; es decir, el material contaminado es removido de su lugar en el lecho y dispuesto en una posición seleccionada, donde se recubre de material limpio. En la Figura 4.25 y en la Figura 4.26 se muestran dos distintas formas de realizar un recapado.

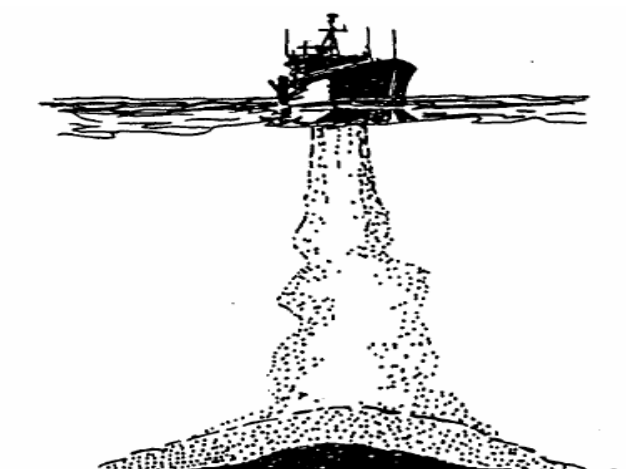


Figura 4.25. Recapado con dispersión de material

Esta forma de realizar el recapado es cuestionable desde el punto ambiental debido a que provoca gran cantidad de turbidez cuando se efectúa la deposición. Existen otras formas de realizar el recapado, que son más amigables con el medio receptor. Una de ellas es la propuesta en la figura siguiente, en la que se sumerge desde la superficie un difusor hasta la zona de refulado.

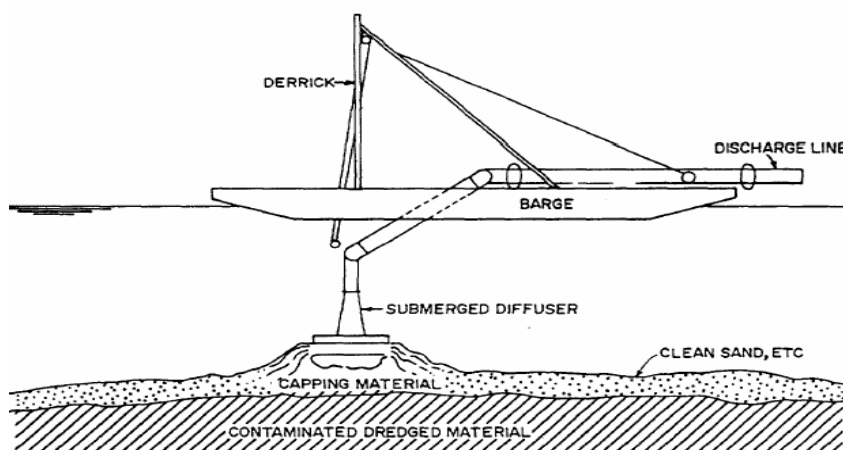


Figura 4.26. Recapado sin dispersión de material



Este método reduce la cantidad de dispersión de partículas finas pero es más costoso. La cobertura (material limpio) suele estar compuesta por materiales granulares, arenas o gravas. En algunos casos se agregan geotextiles como liner, imitando la conformación de los rellenos de seguridad.

#### 4.6.2.1. Consideraciones de ubicación

Los sitios candidatos para la disposición con recapado deben ser evaluados extensamente para determinar su factibilidad económica y técnica. Las consideraciones de ubicación para un recinto de DAC son:

- ✓ Superficie suficiente para contener el volumen de materiales dragados
- ✓ Sitio con condiciones de oleaje y corrientes que determinen una baja energía erosional.
- ✓ Profundidades de agua adecuadas.
- ✓ Ubicación cercana al sitio de operaciones de dragado.
- ✓ Ubicación cercana a fuentes de material para construcción de la cobertura (posible utilización de sedimentos limpios de la misma operación de dragado).
- ✓ Ubicación evitando hábitats acuáticos o marinos únicos.
- ✓ Ubicación para evitar futuras perturbaciones en el sitio.

#### 4.6.3. Recinto de Disposición Costera Confinada (DCC)

Un recinto de disposición costera confinada se define como un sitio de contención con terraplenes ubicado parcialmente por encima y parcialmente por debajo del nivel de las aguas superficiales adyacentes. Este recinto se construye adyacente a la línea de costa, lo cual reduce los costos del recinto. La disposición geométrica y el sistema de tratamiento de efluentes de este tipo de recinto es similar al recinto de confinamiento tierra adentro. En la Figura 4.27 se puede observar un esquema de un DCC.

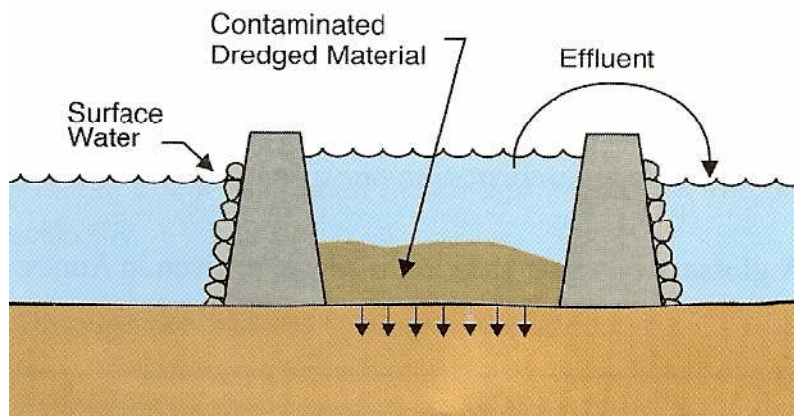


Figura 4.27. Recinto de Disposición Costera Confinada.

#### **4.6.3.1. Consideraciones de ubicación**

Los sitios aptos para la construcción de recintos DCC son únicos porque se encuentran adyacentes a la costa (se pueden crear islas) y son concebidos para algún uso final beneficioso (como la actividad industrial). Las consideraciones de ubicación para un recinto de DCC son enumeradas a continuación:

- ✓ Suficiente extensión superficial para la contención de los materiales dragados y su tratamiento por deposición
- ✓ Ubicación cercana al sitio de dragado
- ✓ Ubicación en una zona de poca profundidad de agua para reducir los costos de refulado
- ✓ Ubicación en ambiente hidrodinámico que permita una protección efectiva del recinto en términos de costos
- ✓ Ubicación evitando hábitats marinos o acuáticos únicos y valiosos
- ✓ Ubicación de forma que la efectividad de la contención no pueda ser afectada por causas naturales como ser oleaje, erosión o hundimientos
- ✓ Ubicación como parte de un plan estratégico a largo plazo que considere futuras necesidades de disposición

#### **4.6.4. Recinto de Disposición Acuática Confinada (DAC)**

Un recinto de disposición acuática confinada (DAC) es un sitio de disposición totalmente sumergido. A menudo se construyen terraplenes sumergidos para contener las extensiones laterales del material a ser dispuesto. Luego de la disposición del material contaminado en el sitio se coloca una capa de material limpio para aislar los contaminantes del medio acuático.

El sitio debe tener capacidad para contener la totalidad de los materiales contaminados debajo de la superficie del agua. Algunas veces se utilizan depresiones o fosas sumergidas para la ubicación de recintos DAC.

Una de las ventajas de estos sistemas de contención es que promueven la fijación de los metales pesados debido a las condiciones de anoxia presentes.

Al encontrarse bajo el agua, estos recintos no generan impactos visuales negativos, son de fácil llenado y los costos de mantenimiento son bajos. Entre las desventajas se considera el alto impacto que produce el contacto de los contaminantes con los organismos existentes en el agua cuando se realizan las descargas del material. Además, se incrementan las posibilidades de dispersión del material dragado contaminado, por lo que es necesario tomar medidas extras de precaución para disminuir, o evitar, la dispersión del mismo.

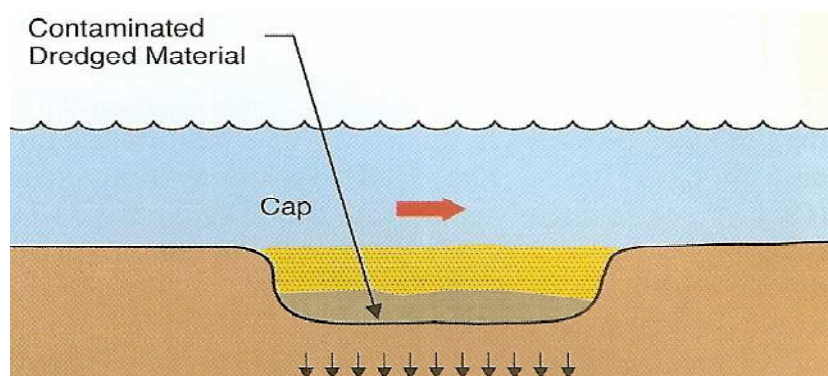


Figura 4.28. Recinto de Disposición Acuática Confinada (DAC)

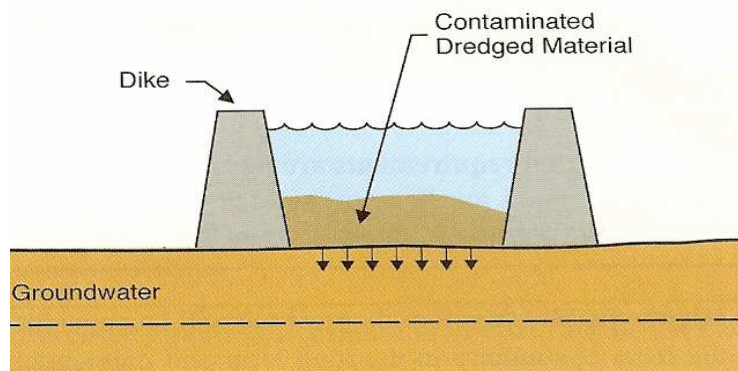
#### 4.6.4.1. Consideraciones de ubicación

Los sitios aptos para la construcción de recintos DAC deben ser evaluados extensamente para determinar la factibilidad económica y técnica. Las consideraciones de ubicación para un recinto DAC son:

- ✓ Superficie suficiente para contener el volumen de materiales dragados
- ✓ Ambiente de deposición de baja energía (no erosivo)
- ✓ Profundidades de agua y corrientes conducentes al arribo del material dispuesto al recinto DAC
- ✓ Ubicación cercana al sitio de operaciones de dragado
- ✓ Ubicación cercana a fuentes de material para la construcción del terraplén y la cobertura
- ✓ Ubicación evitando hábitats acuáticos o marinos únicos
- ✓ Ubicación de forma que se eviten futuras perturbaciones al sitio debido a proyectos de mejoramientos de la navegación u otras actividades
- ✓ Ubicación de forma tal que la integridad de los contaminantes no pueda ser afectada por causas naturales como el oleaje, deslizamientos de tierra subacuáticos, etc.
- ✓ Ubicación como parte de un plan estratégico a largo plazo para futuras necesidades de disposición

#### 4.6.5. Recinto de Disposición Tierra Adentro (DTA)

Un recinto de disposición tierra adentro está conformado por un terraplén de contención y se encuentra íntegramente por encima del nivel de la masa de agua superficial adyacente. El terraplén de contención retiene los sólidos del material dragado mientras que permite la liberación de los efluentes a través de un sistema de descarga. El efluente podría precisar un tratamiento adicional de separación, clarificación y descontaminación previo a su descarga. En la Figura 4.29 se presenta un esquema de un DTA.



**Figura 4.29. Recinto de Disposición Tierra Adentro.**

*Dos de los objetivos principales de un recinto DTA son:*

1. Proporcionar una capacidad adecuada para el almacenamiento del material dragado.
2. Alcanzar una alta eficiencia en la retención de sólidos con el fin de cumplir normas de sólidos suspendidos y sustancias contaminantes en efluentes.

La ventaja principal de este sistema se relaciona directamente con la facilidad de llevar a cabo monitoreos en el sitio de contención.

Las desventajas provienen básicamente de los altos costos del dique y de la descarga de los materiales de relleno en el mismo, del impacto visual que causa, y de las medidas de aislamiento necesarias para que los materiales contaminados no impacten sobre los ambientes en los que se encuentran.

#### **4.6.5.1. Consideraciones de ubicación**

La selección de un sitio DTA debe considerar la factibilidad económica y de ingeniería de las distintas alternativas de ubicación. *Los puntos a considerar son los siguientes:*

- ✓ Suficiente extensión superficial para la contención de los volúmenes dragados y tratamiento del efluente por deposición.
- ✓ Suficiente resistencia mecánica del suelo para soportar la construcción del dique y la altura de relleno.
- ✓ Ubicación más próxima a la zona de dragado.
- ✓ Ubicación de menor elevación para facilitar el transporte de los materiales dragados.
- ✓ Ubicación cercana a zonas de disponibilidad de materiales para la construcción del terraplén.
- ✓ Ubicación preferencial fuera de zonas de inundación o deslizamientos.
- ✓ Ubicación que considere los planes estratégicos de desarrollo a largo plazo y las futuras necesidades de dragado



#### 4.6.6. Usos Benéficos en Playas

Uno de los principales y más difundidos usos benéficos del material dragado es el relleno o reaprovisionamiento de playas y/o márgenes, para limitar el avance de condiciones erosivas o para generar una zona recreativa (o turística). Por este motivo se analiza esta técnica separadamente de los otros usos benéficos. Consiste en el depósito de un volumen del material con un perfil de relleno adecuadamente diseñado y posicionado para que, bajo la influencia del clima de las, corrientes y tormentas del sitio, tenga una vida útil predefinida. Generalmente se adopta un período de 10 años, pero a veces puede ser aceptable un período más corto.

El material depositado en las playas debe garantizar la no afectación de la salud humana y de las comunidades ecológicas ubicadas en la zona de influencia del sitio de disposición. Para este tipo de operaciones se prefiere materiales granulares con escaso contenido de finos que puedan permanecer en suspensión por largos períodos.

#### 4.6.7. Otros Usos Benéficos

Algunas instituciones extranjeras relacionadas con el tema de dragado (U.S. Corps of Engineers, PIANC) promueven la utilización del material dragado en aplicaciones denominadas “usos benéficos”.

El concepto moderno ha variado y toma el sedimento removido como un recurso y no como un residuo de la operación de dragado; de esta manera, el sedimento resulta valioso y aprovechable. El listado de usos propuestos es bastante numeroso, aunque pueden ser agrupados en tres categorías principales: usos ingenieriles, usos agrícolas o productivos, y mejora ambiental.

##### ❖ *Usos Ingenieriles*

- ✓ Relleno de tierras.
- ✓ Mejora de tierras.
- ✓ Recapado.
- ✓ Berma offshore.
- ✓ Protección de costa.
- ✓ Relleno de playas.

##### ❖ *Usos Agrícolas/Productivos*

- ✓ Material de construcción.
- ✓ Acuicultura.
- ✓ Mejoramiento de capa superficial agrícola.

❖ **Mejora Ambiental**

- ✓ Creación de humedales.
- ✓ Creación de hábitat en tierra firme.

#### **4.6.8. Tratamiento**

El uso de tecnologías de tratamiento para inertizar el material dragado puede hacerse in situ como ex-situ. Con la primera opción se trata el sedimento en el lugar en donde se encuentra pudiendo usar tratamientos biológicos, químicos, químico-biológicos, estabilización, o una combinación de ellos. Estos tratamientos pueden producir efectos adversos en el sitio de tratamiento, es por esto que se necesita de monitoreos durante y después de su ejecución.

La segunda opción implica la remoción y el tratamiento del material fuera del lecho. En este caso se pueden utilizar tecnologías de reducción de contaminantes como la incineración pirolítica, fijación o extracción por solventes.

Estas tecnologías rara vez son utilizadas para tratar suelos dragados contaminados, debido a que no se justifican los altos costos por tan poca cantidad de contaminantes.

#### **4.7. LEYES Y NORMAS REGULADORES**

España forma parte contratante de los Convenios Internacionales sobre vertidos al mar de Londres, Oslo-París y Barcelona, y tiene la obligación de informar anualmente a las secretarías de dichos Convenios sobre los volúmenes de materiales dragados, sus características físicas y químicas y las áreas de vertido en el mar.

A nivel estatal, las operaciones de dragado y especialmente lo que concierne a las zonas de vertido y gestión del material así como las licencias administrativas, quedan legisladas por distintas leyes y normativas, no existiendo en ningún caso una referencia única.

Así por ejemplo, la ley 27/1992 de Puertos del Estado y de la Marina Mercante en su artículo 62 especifica: *“Toda ejecución de obras de dragado en el dominio público portuario requerirá correspondiente autorización de la Autoridad Portuaria. Cuando las obras de dragado afecten a la seguridad de la navegación en los canales de entrada y salida a la zona de servicio portuario o a la determinación de las zonas de fondeo o maniobra, se exigirá informe previo y vinculante.”*

Este mismo artículo continúa diciendo: *“Los proyectos de dragado portuario, incluso los ejecutados por la Autoridad Portuaria, incluirán un estudio de evaluación sobre sus efectos sobre la dinámica litoral y la biosfera marina, así como, cuando proceda sobre-*

*la posible localización de restos arqueológicos. Se solicitará informe de las administraciones competentes en materia de pesca y arqueología. En el caso de que se produzcan vertidos de productos de dragado fuera de la zona interior de las aguas del puerto, se estará a lo previsto en el artículo 21.4 de la presente ley”.*

En el mismo artículo se afirma: *“La Autoridad Portuaria remitirá a la Capitanía Marítima los datos de las cantidades vertidas de los materiales de dragado, la localización de la zona o zonas de vertido y cuando exista riesgo de que el posible desplazamiento del material afecte a la navegación marítima, los resultados del seguimiento de la evolución de dicho material vertido”.*

El artículo 21.4 de esta misma ley declara: *“Los dragados que se realicen fuera de la zona interior de las aguas del puerto con destino a rellenos portuarios deberán ser autorizados por la Autoridad Portuaria previo informe de la Capitanía Marítima y de la dirección General de Costas. Ambas solicitudes deberán ir acompañadas de los informes, análisis o estudios necesarios que permitan valorar los efectos de la actuación sobre la sedimentación litoral y la biosfera submarina, así como en su caso la capacidad contaminante de los vertidos”.*

Por su parte, la ley 22/1988 de Costas anuncia:

1. *“Para otorgar las autorizaciones de extracciones de áridos y dragados será necesaria la evaluación de sus efectos sobre el dominio público marítimo – terrestre referida tanto al lugar de extracción o dragado como al de descarga en su caso. Se salvaguardará la estabilidad de la playa, considerándose preferentemente sus necesidades de aportación de áridos”.*
2. *“Quedarán prohibidas las extracciones de áridos para la construcción, salvo para la creación y regeneración de playas”.*
3. *“Entre las condiciones de la autorización deberán figurar las relativas a:*
  - a) *Plazo por el que se otorga.*
  - b) *Volumen a extraer, dragar o descargar al dominio público marítimo – terrestre de estas acciones y tiempo hábil de trabajo.*
  - c) *Procedimiento y maquinaria de ejecución.*
  - d) *Destino y en su caso lugar de descarga en el dominio público de los productos extraídos o dragados.*
  - e) *Medios y garantías para el control efectivo de estas condiciones.”*

## 4.8. ASPECTOS PREVIOS AL DRAGADO

Para definir correctamente una operación de dragado hay que conocer una serie de aspectos previos sobre las zonas de extracción y de vertido, que pueden resumirse en:

- Batimetría de la zona de dragado y de vertido.
- Características geotécnicas y geológicas del material a dragar.
- Condiciones medioambientales de las zonas involucradas en la operación de dragado.

Su definición es fundamental a la hora de abordar una operación de dragado y por tanto en la minimización de costes tanto ambientales como económicos, así como en el impacto que las operaciones de vertido van a tener sobre la zona.

### 4.8.1. Definición batimétrica de la zona

Para poder calcular de forma precisa los volúmenes disponibles y delimitar las zonas tanto de dragado como de vertido, es imprescindible tener un buen conocimiento del fondo marino. Esta información no suele estar disponible, por lo que resulta necesario realizar una campaña batimétrica que debe contener la siguiente información:

- Profundidad del fondo en varios puntos de medida convenientemente espaciados.
- Posición planimétrica de estos puntos.
- Medidas de las variaciones del nivel medio del mar.

Se debe incluir también la definición de todo tipo de obstáculos que puedan representar un peligro para la operación, como emisarios o canalizaciones, cableados, o salientes de escolleras.

#### 4.8.1.1. Medida de la profundidad

En la actualidad el uso de ecosondas para reconocer el relieve marino está ampliamente extendido, llegando a determinar profundidades superiores a los 5.000 m. El principio de funcionamiento de la ecosonda es la determinación del tiempo transcurrido entre el envío de la señal desde el transductor hasta que es alcanzada por el receptor después de reflejarse en el fondo (ver Figura 4.30).

De esta manera, el ecosonda permite medir la profundidad tanto del fondo como de cualquier objeto sumergido en el mar.



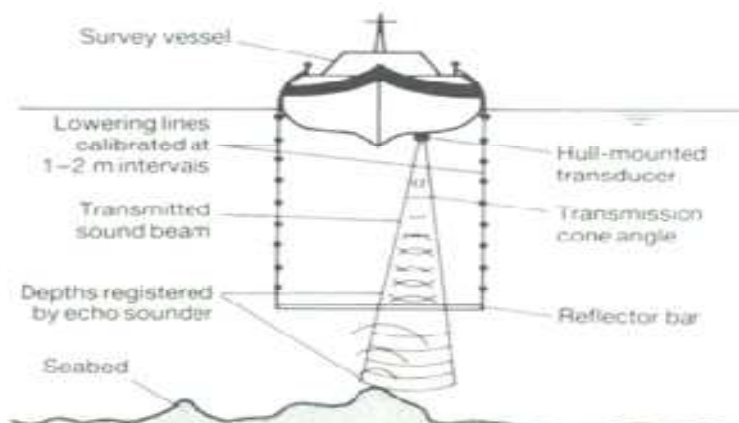


Figura 4.30. Principio de la ecosonda

El retardo del pulso sonoro enviado y recogido por el receptor permite calcular la profundidad siguiendo la siguiente ecuación:

$$P = (V_s \cdot t) / 2$$

Donde  $t$  es el tiempo de retardo en segundos,  $V_s$  la velocidad del sonido ( $V_s = 1500 \text{ m/s}$ ) y  $P$  es la profundidad. La división por dos se utiliza para tener en cuenta el viaje de ida y vuelta del impulso en el agua.

Es importante realizar una correcta calibración de la ecosonda, donde uno de los factores básicos es la determinación de la temperatura y la salinidad del medio en el que nos encontramos, puesto que repercuten directamente en la velocidad de propagación de la señal. Estos dos parámetros tienden a cambiar a lo largo del día, según la estación, la marea, la precipitación y la profundidad, por lo que deberá calibrarse la ecosonda como mínimo una vez al día, y al comenzar y al finalizar la campaña batimétrica.

Los equipos de sondeo varían fundamentalmente en la frecuencia alcanzada por sus pulsos sonoros, quienes a su vez determinan la resolución de los resultados y la capacidad de penetración en el fondo. Para trabajos de dragado se requieren frecuencias de onda de 33 kHz a 210 kHz. Las frecuencias altas son inmediatamente reflejadas por la primera capa de sedimentos, por lo que sólo aportan información acerca de la superficie del fondo. Por el contrario, las frecuencias bajas penetran más en el terreno y son reflejadas por las capas de sedimento inferiores.

La precisión en las medidas de profundidad debe ser inferior a 1% aunque este valor es imposible de alcanzar en zonas poco profundas o en zonas de rotura. Para minimizar el error, los trabajos deberían realizarse preferiblemente en condiciones de aguas tranquilas con alturas de ola inferiores a 1 m. La velocidad de navegación no debe superar los 5 nudos (2-3 suele ser lo habitual).

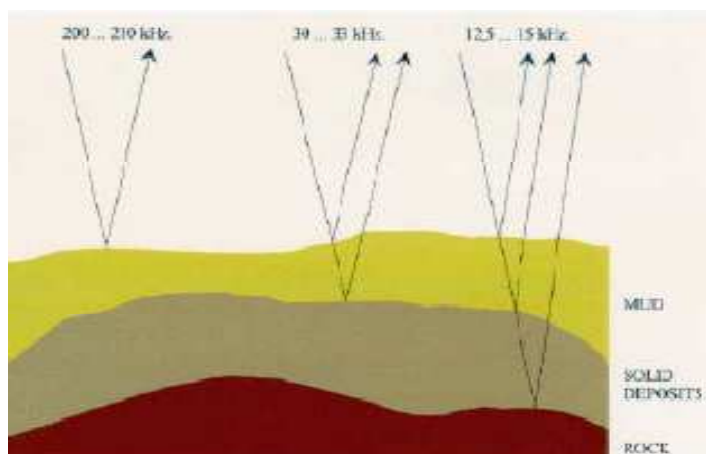


Figura 4.31. Penetración de las ondas en el terreno en función de su frecuencia

Para caracterizar correctamente la zona de extracción o de vertido, se recomienda que las líneas batimétricas presenten un espaciamiento de entre 5 y 250 m, según la regularidad del fondo.

#### 4.8.1.2. Posición planimétrica

A la vez que se mide la profundidad, hay que tomar la posición planimétrica de los puntos. Para escoger el sistema de posicionamiento más adecuado se debe tener en cuenta la superficie a cubrir, las condiciones de visibilidad y la densidad de tráfico marítimo. El sistema de posicionamiento utilizado en operaciones de dragado y que garantiza una alta precisión es el GPS diferencial.

El sistema de posicionamiento global (GPS) es un sistema de posicionamiento basado en satélites y operado por el departamento de defensa de los Estados Unidos. Este sistema suministra información de hora y posición 24 horas al día. La precisión de la posición GPS oscila entre 100 metros y algunos centímetros, dependiendo del equipo y de las técnicas utilizadas, pero este valor es demasiado elevado para este tipo de trabajos. Desde su creación hasta el 1 de mayo de 2000, el sistema GPS incorporaba un error intencionado: la disponibilidad selectiva.

El equipo de trabajo básico en operaciones de dragado consiste en un GPS móvil que se sitúa en la embarcación encargada de realizar la batimetría y que hace de receptor, y un GPS diferencial estacionario que está situado en un punto conocido de tierra.

Esta estación de referencia relaciona cada posición de satélite y hora con una referencia común. Como la estación de referencia conoce su posición exacta en latitud, longitud y altura, calcula las correcciones del satélite y transmite los datos corregidos al receptor móvil (fig4.32). La precisión obtenida con este sistema es de menos de un metro.

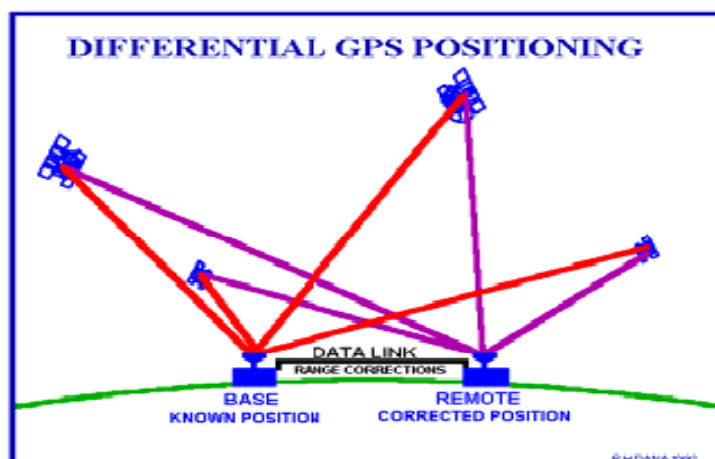


Figura 4.32. Esquema de funcionamiento de un GPS diferencial.

#### 4.8.1.3. Medida del nivel del mar

Finalmente, durante la campaña batimétrica se deben registrar también las variaciones del nivel medio del mar, aunque nos encontremos en una región micro mareal. Los mareógrafos se pueden clasificar en tres grupos según el sistema que utilizan para calcular el nivel del mar, distinguiendo así entre mareógrafos de flotador, acústicos o de presión.

Los mareógrafos de flotador permiten la lectura directa del nivel del agua en todo momento, pero requieren una instalación algo laboriosa y son poco prácticos lejos de la orilla.

Los mareógrafos acústicos están situados de forma fija sobre el nivel del mar. Estos instrumentos lanzan un pulso acústico hacia el agua, de forma que rebota en la superficie y mediante el cálculo del tiempo transcurrido entre el lanzamiento y la recepción del pulso reflejado se obtiene la distancia que existe entre el sistema y el nivel del mar.

Los mareógrafos de presión realizan la medida del nivel del mar mediante un sensor de presión que se instala a una cierta profundidad. Las variaciones de presión registradas se pueden convertir en variaciones de nivel mediante la ecuación hidrostática:

$$P = \rho \times g \times h$$

Donde P es la presión hidrostática,  $\rho$  la densidad del fluido, g la aceleración de la gravedad y h la altura del fluido.

La ventaja de este tipo de sensor respecto a los anteriores es que pueden ser utilizados con independencia de sistemas fijos en tierra, pudiendo utilizarse en mar abierto.

#### 4.8.2. Caracterización geotécnica y geológica del material

Antes de proyectar cualquier obra de dragado es necesario disponer de información geotécnica sobre el material a dragar. Gracias a estos estudios podremos:

- Definir las características físicas y mecánicas del material a dragar.
- Determinar los volúmenes reales involucrados en el dragado.
- Establecer el grado de uso de los materiales dragados para otro tipo de actividades.

Esta información permitirá seleccionar el equipo de dragado más adecuado, estimando los rendimientos del mismo y las posibles sobreexcavaciones. En España se adoptan las Recomendaciones geotécnicas en el diseño de obras marítimas y portuarias recogidas en la R.O.M. 05.94.

Según esta ROM, para describir con precisión los suelos, se recomienda utilizar el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, donde se distinguen los materiales en no cohesivos (o granulares), cohesivos y rocas. En general, de los suelos deberemos analizar su granulometría, límites de Atterberg, densidad, humedad y resistencia.

Cuando el material a dragar sean rocas nos interesará conocer su naturaleza, resistencia, estratificación, grado de alteración y diáclasis. A continuación se presentan a modo de resumen los requerimientos geológicos (Tabla 4.2) y geotécnicos (Tabla 4.3) necesarios para definir el material de dragado.

El estudio geológico servirá para definir el tipo de material a dragar, su localización y volumen.

Los requerimientos geotécnicos hacen referencia a las características físicas y mecánicas principales que habrá que estudiar, y que se obtendrán de la realización de ensayos. Más adelante veremos cuáles son los ensayos a realizar para cada tipo de material.



Basic Geological Date concerning volumes of material to be dradged.	Identification of Main Geological Units in Dredging Area.	
	Soil.	Rock.
	Identification of Soil Units.	Identification of Rock Untis.
	<b>Quantificacion</b> Location, depth (level), thickness.	<b>Quantificacion</b> Location, depth (level),thickness.
Basic Geological Date concerning types of material.	Description of S oil Units. Principal Constituens. Minor Constituents. Homogeneity. Colour. Particular shape and angularity. Struture: Bedding; Fissuring; Homogeneity.	
	Description of Rock Units. Rock Name. Colour. Weathering. Homogeneity. Bedding: Thicknes and orientation. Jointing: Spacing and orientation. Fracturing: Spacing and orientation. All structures: Infilling.	
Supplementary geotechnical information provided.	Compactness/Strength. Plasticity.	Strength. Degree of Cementation. Mineralogy.

Tabla 4.2. Requerimientos geológicos necesarios. (PIANC. Bulletin nº103, 2000).

	IN SITU MATERIAL CHARACTERISTICS (Note 1)	DATA REQUIREMENT				
		Excavation methods & production	Transport methods & production	Abrasion (Excavation and transport wear costs)	Use as general fill	Dredged slope stability
COHESIVE SOILS	Particle Size Distribution	✓		✓ Note 3	Note 2	
	Strength	✓	✓		Note 2	✓
	Plasticity/water content	✓	✓		Note 2	
	In Situ Density	✓			Note 2	✓
	Mineralogy			✓ Note 3	Note 2	
	Particle Specific Gravity		✓		Note 2	
	Gas content	✓	✓		Note 2	
	Rheological Properties	✓ (Soft soils)	✓ (Soft soils)		Note 2	
NON-COHESIVE SOILS	Organic Content	✓	✓		Note 2	
	Particle Size Distribution	✓	✓	✓	✓	
	Relative Density	✓				✓
	Compaction Characteristics				✓	
	In Situ Density	✓	✓			
	Mineralogy		✓	✓		
	Particle Specific Gravity		✓	✓		
	Angularity/Roundness	✓		✓		
ROCK	Permeability	✓				
	Organic Content				✓	
	Material Strength	✓ (Note 4)	✓	✓		✓
	Mass Strength	✓ (Note 4)				✓
	Elasticity	✓ (Note 4)				
	Mineralogy	✓ (Note 4)	✓	✓		
	Structure	✓ (Note 4)	✓	✓		✓
	Density	✓ (Note 4)	✓	✓		

Tabla 4.3. Requerimientos geotécnicos necesarios. (PIANC. Bulletin nº103, 2000).

#### 4.8.2.1. Suelos no cohesivos

La granulometría es la propiedad más característica de los suelos, puesto que determina aspectos tan dispares como el grado de abrasión sobre las tuberías, la eficiencia del dragado (por pérdida de finos) y la potencia de las bombas de succión (en caso de utilizar dragas hidráulicas).

Los ensayos más frecuentes para caracterizar este tipo de suelos son los análisis granulométricos y los ensayos de penetración estándar (SPT).

El análisis granulométrico consiste en separar y clasificar por tamaños las partículas que forman el material. En suelos gruesos suele realizarse mediante tamizado, que consiste en hacer pasar el suelo por una serie de tamices de aberturas conocidas y se registra el % de partículas retenidas en cada tamiz. Para analizar la porción fina del suelo se utiliza una columna de sedimentación, donde la distribución granulométrica se determina a partir de la velocidad de caída de las partículas, que es función de su tamaño.

Este ensayo está basado en la ley de Stokes, que rige la caída libre de una esfera en un líquido.

El Test de Penetración Estándar, o SPT, es el más común de los ensayos “in situ”. Es un ensayo recomendado para obtener la compacidad de las arenas en profundidad. El SPT consiste en hincar un toma muestras en el terreno a analizar con una maza de 63,5 Kg que se deja caer libremente desde una altura de 76,2 cm. Se hincan el toma muestras un total de 60 cm. El índice N del SPT se define como el número de golpes necesario para avanzar los 30 cm centrales de terreno. Una vez realizado el ensayo se puede obtener una muestra de material atravesado.

El índice N del SPT se puede relacionar con la compacidad del terreno (Terzaghi y Peck, 1948). La relación entre estos dos parámetros se muestra en la Tabla 4.4.

COMPACIDAD EN SUELOS GRANULARES	
COMPACIDAD DE ARENAS	ÍNDICE N DEL SPT
Muy flojas	0-4
Flojas	5-10
Medianamente densas	11-30
Densas	31-50
Muy densas	Mayor que 50

Tabla 4.4. Calificación de los suelos granulares. (ROM 0.5-94, 1994)

#### 4.8.2.2. Suelos cohesivos

Los parámetros utilizados para caracterizar los materiales cohesivos son la compresibilidad, la cohesión interna y el grado de adhesión a otros materiales o superficies.

A veces, este tipo de suelos sólo se puede dragar por medios mecánicos, aunque en caso de que puedan ser fluidificados puede resultar útil el uso de métodos hidráulicos.

Así, una de las variables características que define este tipo de materiales es la resistencia al corte sin drenaje. Uno de los test más utilizados para obtener este parámetro es el Test de Penetración con Cono o CPT. Este ensayo consiste en introducir en el terreno una serie de varillas cilíndricas con un cono en la base a una velocidad constante.

Se realizan mediciones, de manera continua o a intervalos de profundidad determinados, de la resistencia a la penetración del cono ( $q_c$ ). A partir de estos resultados se pueden definir parámetros tales como el grado de consistencia de los suelos (ver Tabla 4.5).

La resistencia al corte sin drenaje  $S_u$  se define como 
$$S_u = \frac{1}{N_k} (q_c - \sigma_v)$$

Donde  $N_k$  es el factor adimensional de escala (15),  $q_c$  es la resistencia de avance del cono, que se obtiene dividiendo el esfuerzo axial que actúa en el cono por la sección máxima del cono, y  $\sigma_v$  es la presión vertical total al nivel del ensayo.

CLASIFICACIÓN	CONSISTENCIA DE LAS ARCILLAS	RESISTENCIA AL CORTE SIN DRENAJE (KN/m <sup>2</sup> )
Muy blanda	Al apretarla se escurre entre los dedos fácilmente	Menor que 20
Blanda	Fácil de moldear a mano	20-40
Firme (Firm)	Requiere un esfuerzo importante para moldearla a mano	40-75
Rígido (Stift)	No se puede moldear a mano. Se puede rayar con la uña	75-150
Dura (Hard)	Dura, se puede rayar difícilmente con la uña	Mayor que 150

Tabla 4.5. Calificación de los suelos cohesivos. (ROM 0.5-94, 1994).

#### 4.8.2.3. Rocas

Las rocas, independientemente de su origen, no son materiales que se puedan dragar fácilmente. Las propiedades básicas para caracterizar su dragabilidad son la resistencia a compresión simple, la fracturación, el grado de meteorización y la abrasividad.

El ensayo de compresión simple tiene por finalidad medir la resistencia de la roca a la compresión uniaxial, es decir, sin confinamiento; utilizando para ello testigos de una relación longitud/diámetro de 2:1. En la Tabla 4.6 se presentan los valores utilizados para clasificar las rocas según su resistencia.

TÉRMINO	RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE(MN/m <sup>2</sup> )
Muy débil	Menor que 1,25
Débil	1,25 - 5
Moderadamente débil	5 – 12,5
Moderadamente resistente	12,5 - 50
Resistente	50 - 100
Muy resistente	100 - 200
Extremadamente resistente	Mayor que 200

Tabla 4.6. Descripción de la resistencia de rocas. (ROM 0.5-94, 1994)

Hay que tener en cuenta que parámetros tales como el grado de fisuración o el tipo y número de diáclasis, resultarán fundamentales para definir la dragabilidad del material, ya que harán disminuir considerablemente su resistencia.

#### 4.8.2.4. Métodos de reconocimiento geotécnicos

Para caracterizar el material de dragado se deben realizar una serie de ensayos, preferiblemente “in situ”. Habrá que definir unas campañas de medidas donde se especificarán aspectos tales como la densidad de muestreo o el tipo de ensayos a realizar. Las medidas se pueden tomar según métodos directos o según métodos indirectos.

Los métodos directos consisten en tomar muestras del material a dragar. Es una operación discreta en la que se debe especificar el espaciamiento entre puntos de muestreo, que la ROM recomienda que sea inferior a los 20 ó 50 m siguiendo las alineaciones de interés.

Las muestras deberán atravesar por completo las capas que se quiere describir (especialmente si son de tipo limo o arcilla), como regla el doble de la profundidad prevista en el dragado, aunque si el basamento que se encuentra es tipo roca una penetración de 2 a 6 m será suficiente.



Los métodos directos más usuales de toma de muestras en el mar son los que se describen en la siguiente tabla

#### EJECUCIÓN DE SONDEOS MECÁNICOS

TIPOS	DESCRIPCIÓN	CAMPO DE APLICACIÓN
SONDA HELICOIDAL	Hinca continua por rotación de una hélice.	Suelo de consistencia blanda y media. No permite tomar muestras inalteradas salvo en aquellos casos en que el eje de hélice es hueco.
HINCA DE TUBOS	Avance de una tubería hincada por percusión o por vibración y extracción de detritus con una pequeña cuchara	Suelo de consistencia blanda y media. Permite ejecución de ensayos en el sondeo y toma de muestras inalteradas.
ROTACIÓN CON CORONA CIEGA	Avance a rotación o rotopercusión con martillo en cabeza o en fondo.	Suelos duros y rocas. No permite la toma de muestras. Se puede utilizar para avanzar la perforación entre dos puntos donde interesa tomar muestras con otro procedimiento.
ROTACIÓN CON BATERÍA PORTATESTIGO	Avance a rotación con corona hueca.	Suelos firmes y rocas. Permite tomar muestras y recuperación continua del testigo de la perforación.

Tabla 4.7. Métodos directos más utilizados. (ROM 0.5-94, 1994)

Por otro lado, los métodos indirectos son utilizados cuando el área de estudio es muy amplia y por tanto la toma de muestras resulta a un coste muy elevado y requiere de una infraestructura y tiempos de ejecución grandes.

En la Tabla 4.8 se presentan las técnicas de prospección más comunes en la caracterización de suelos, entre las que destaca la sísmica de reflexión, que se fundamenta en la velocidad de propagación de un pulso por medios de distinta densidad y que se traduce en tiempos de emisión-recepción distintos según el material atravesado por la onda y que suele ser utilizado en la elaboración de mapas de isopacas.

Ocasionalmente, técnicas como la gravimetría son utilizadas para la localización de tuberías o cableados en dársenas interiores que por su antigüedad no suelen estar documentados y que pueden dificultar enormemente las operaciones de mantenimiento de calados.

Nombre.	Parámetros que se obtienen	Aplicación.	Limitaciones.
<b>SISTEMA DE REFERENCIA.</b> Determinación de tiempo de llegada de ondas generadas por impactos o pequeños detonaciones a puntos situados a distancias. Puede hacerse en superficie o en sondeos(up-hole o down-hole) o entre sondeos(cross-hole)	curvas distancia tiempo de llegada (dromocrónicas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación aproximada de fondos rocosos en depósitos de suelo.</li> <li>• Determinación de la potencia de alteración en macizos rocosos.</li> <li>• Estimación de propiedades del terreno en función de las velocidades de propagación.</li> </ul>	Posibles áreas de sombra provocadas por estratos flojos. Profundidades máximas de reconocimiento del origen de 20m.
<b>SISMICA DE REFLEXIÓN.</b> Registro de eco reflejado por el terreno a ondas de presión generadas en superficie.	Imagen de la estructura geológica del terreno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación aproximada de fondos rocosos. Generalmente se aplica para explorar profundidades superiores a 500m</li> </ul>	las ondas reflejadas y refractadas pueden interferir y complicar la interpretación
<b>SONAR</b> Registro de los tiempos de llegada de las ondas sonoras provocadas en el agua y reflejadas en el fondo y el sustrato rocoso	Tiempo de llegada de ecos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de calados y espesores de suelos blandos sobre fondos rocosos</li> </ul>	Determinación previa de la velocidad de propagación de las ondas en suelo que recubre el fondo rocoso.
<b>GEOFISICA ELECTRICA.</b> Medición de la intensidad de la corriente y la caída de potencial entre distintos puntos del terreno inducida mediante unos electrodos.	Intensidades de corriente y diferencias de potencial para distintas configuraciones del sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimación del tipo de terreno en función de las resistividades calculadas al interpretar los datos.</li> <li>• Aplicación hasta profundidades de unos 20 m</li> </ul>	Escasa correlación entre la resistividad y el comportamiento mecánico del terreno.
<b>GRAVIMETRIA</b> Medición precisa de la aceleración de la gravedad en distintos puntos	Variaciones de la aceleración de la gravedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Detección de grandes variaciones de densidad (huecos, fallas, domos salinos.</li> </ul>	Poco precisa para trabajos geotécnicos.

**Tabla 4.8. Métodos geofísicos más utilizados. (ROM 0.5-94, 1994)**

#### 4.9. CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES

Tanto en el diseño como en la ejecución del dragado es importante disponer de la información hidrodinámica, meteorológica y ambiental de la zona.

En cuanto a la información hidrodinámica, se deberá conocer el clima de oleaje y las variaciones del nivel medio del mar, puesto que de ello dependerá en gran medida la navegabilidad de la zona. Información relacionada con las corrientes resultará además de gran interés para seleccionar el tipo de vertido. La Figura 4. 33. muestra las boyas de registro instaladas en España que proporcionan la información necesaria para caracterizar el clima de oleaje de la zona.

La caracterización meteorológica, entendida como el régimen de vientos dominante, puede resultar vital para descartar dragados en los que sea preciso utilizar el anclaje de las embarcaciones.



Figura 4.33. Ubicación de las boyas de registro en España.

Finalmente, los aspectos relacionados con los biotopos de la zona, tanto en la zona de extracción como de vertido, pueden resultar determinantes a la hora de conceder la licencia de dragado.

En este sentido, la protección de determinadas especies de fanerógamas marinas (*Posidonia oceánica*, *Cymodocea nodosa*) en nuestros fondos es incompatible con este tipo de trabajos, por lo que se deberá tener un inventario preciso de los nichos ecológicos existentes.

#### 4.10. CONDICIONES DEL EMPLAZAMIENTO

Las técnicas de dragado comprende todas las actualizaciones necesarias para la extracción, transporte y vertido de los terrenos situados bajo nivel del mar y abarca *operaciones muy diversas como:*

- ✓ Regeneración de playa.
- ✓ Aumento de calados.
- ✓ Apertura de canales de navegación.
- ✓ Ejecución de nuevas obras como diques, emisarios.

*Las obras de dragado se dividen en tres grandes bloques:*

— Dragas en zonas fijas y que generan el origen y el destino del material dragado.

- ✓ Dragados de mantenimiento.
- ✓ Dragados para la ejecución de rellenos.
- ✓ Dragados para la ejecución de playas.
- ✓ Dragados para la ejecución de emisarios.

— Dragados que requieren una localización previa del yacimiento para su ejecución.

- ✓ Rellenos y creación de nuevas áreas.
- ✓ Regeneración de playas.

— Dragados especiales.

- ✓ Minería.
- ✓ Dragados de presas.

Una investigación del emplazamiento debe contemplar los siguientes aspectos para una obra de dragado:

1. Batimetría de la zona.
2. Investigaciones geofísicas, para el reconocimiento del fondo marino, superficie y profundidad.
3. Análisis de las condiciones meteorológicas de la zona.
4. Investigaciones geológico-geotécnicas de cara a identificar los materiales de dragar.
5. Investigaciones medioambientales de para el conocimiento de grado de contaminación.



#### **4.10.1. Información previa del emplazamiento**

Se considera imprescindible el análisis de la información existente referida a su emplazamiento.

*Documentación que se considera significativa:*

- ✓ Cartas náuticas, del Instituto Hidrográfico de la Marina.
- ✓ Cartografía del Instituto Geográfico Nacional.
- ✓ Cartografía del Instituto Geológico y Minero de España.
- ✓ Atlas Geotécnicos de los puertos.
- ✓ Cartografía de la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente, para la profundidad de las costas españolas.

#### **4.10.2. Hidrografía**

El reconocimiento hidrográfico se hace para el conocimiento del estado del fondo marino.

Un levantamiento batimétrico debe referirse siempre al momento en que fue realizado.

Para el caso de los dragados, el reconocimiento batimétrico del área de trabajo es imprescindible, eso permite:

- ✓ Evaluar la necesidad de realizar una operación de dragado.
- ✓ Estimar el volumen de material a dragar.
- ✓ Control de los trabajos de dragado durante su ejecución.
- ✓ Comprobación de los trabajos ya realizados.

Los trabajos hidrográficos pueden aplicarse tanto a la zona de dragado como a la de vertido.

##### **4.10.2.1. Posicionamiento**

Los sistemas de posicionamiento se pueden dividir en tres tipos:

- ✓ Topográficos.
- ✓ Por radio.
- ✓ Por satélite.

El sistema topográfico consiste en referir la situación de la embarcación en cada toma de sonda con las bases topográficas situadas en tierra.

El sistema de radio-posicionamiento, consiste en el posicionamiento de cada punto de sonda por medio de tres antes de situación conocida, que emiten una señal que es captada desde la embarcación y que mediante una triangulación resuelve la posición del barco. El posicionamiento por satélite es el más empleado en este tiempo.

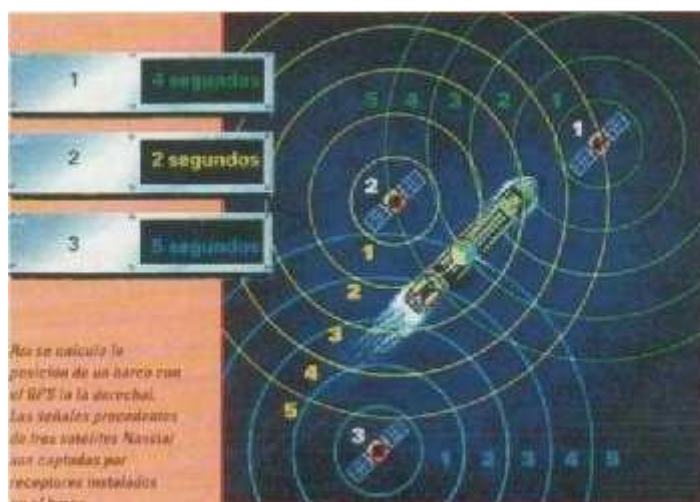
#### 4.10.2.1.1. Fundamento del sistema

El sistema más empleado en estos momentos es el llamado GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

Como ya he dicho en un punto anterior que el sistema de GPS se basa en el principio de triangulación, dicho de otra forma con un ejemplo, el cálculo de un punto determinado, conocidas sus respectivas distancias a tres puntos de los que se conoce su ubicación. En este caso bastaría trazar tres circunferencias, cada una de ellas de radio igual a la distancia al punto considerado, y hallar en qué punto se cortan.

El fundamento del funcionamiento del sistema GPS aplica a este mismo principio, en este caso el sistema contempla la recepción de un mínimo de cuatro señales desde otros tantos satélites.

Para conocer el funcionamiento del sistema, es necesario conocer los componentes que lo forman, habitualmente denominados segmentos.



**Figura 4.34.** Forma de calcular la posición de un barco con el GPS. Las señales procedentes de tres satélites Navstar son captadas por receptores instalados en el barco.



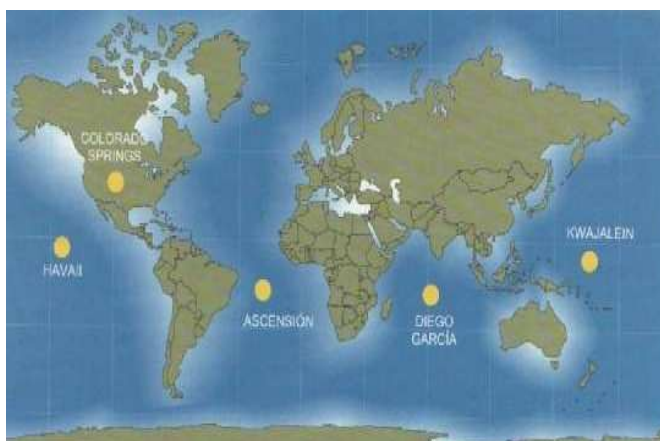
**Figura 4.35.** Una señal temporizada procedente de un cuarto satélite, permite al receptor de la nueva determinar su propia posición. Las señales de radio emitidas por los satélites Navstar son enviadas en forma de una secuencia de caracteres cifrados, transmitidos en el mismo instante.

— Segmento especial

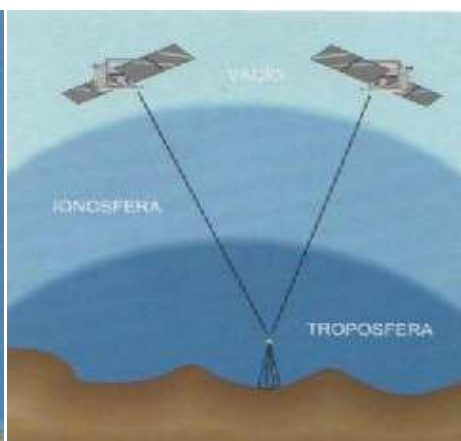
Está compuesto por los satélites que soportan el sistema, y las señales de radio que éstos emiten, los cuales conforman la denominada constelación NAVSTAR.

— Segmento de control

Se trata de la infraestructura necesaria para el control de la constelación de satélites. Está constituido por estaciones de control ver (fig.4.36) repartidos alrededor del mundo. Todas ellas reciben continuamente señales de los satélites en órbita.



**Figura 4.36.** Estaciones de control



**Figura 4.37.** Torre de control

Las órbitas presentan degradaciones debido a diversos factores que se deben tener en cuenta para evitar imprecisiones del sistema ver (fig. 4.37). Por esta razón, las estaciones de control envían estas correcciones a los satélites, que a su vez las emiten con sus mensajes.

— Segmento del usuario

Está formado por todos los equipos utilizados para la recepción de las señales emitidas por los satélites, así como por el software necesario para la comunicación del receptor con el ordenador y postprocesado de la información para la obtención de los resultados.



Figura 4.38. Equipo base de referencia.

#### 4.10.2.1.2. Tipos de método GPS

— Método basados en lectura de código

Estos métodos se basan en el concepto de trilateración tridimensional, mediante el cual se sitúa la estación de observación en la intersección de las esferas con centro en el satélite y radio correspondiente a la distancia entre las antenas de los satélites y el receptor, medida por éste.

Dentro de estos métodos podemos destacar:

— Método absoluto.

Es el utilizado por los navegadores más sencillos, el usuario no tiene que hacer nada, pues el navegador se encarga de sintonizar cada señal del satélite, ajustar su reloj, computar las distancias y calcular la posición en consecuencia.

— Método diferencial (DGPS)

Consiste en la utilización de un receptor móvil y una estación de referencia sobre coordenadas conocidas. Las estaciones de referencia leen en cada momento las posiciones obtenidas de sus observaciones GPS y las comparan con sus posiciones conocidas.

El error se obtiene por la comparación de ambos valores derivado de la lectura GPS.



— *Método basados en la lectura de fase*

Son los métodos que permiten obtener mayor precisiones. Su fundamento es: partiendo de una frecuencia de referencia obtenida del oscilador que controla el receptor, se compara con la portadora demodulada que se ha conseguido tras la correlación, consiguiéndose así, en fase, la emisión radioeléctrica realizada desde el satélite con frecuencia y posición conocidas.



Figura 4.39. Aparatos para el funcionamiento GPS.

Existen varios tipos de estos métodos:

— Método relativo estático

Consiste en la utilización de un receptor base sobre un punto de coordenadas conocidas y otro receptor sobre el punto a medir. Ninguno de los dos receptores se mueve durante el prolongado tiempo de medición.

— Método relativo cinemática ( Real Time Kinematic- RTK)

El principio es similar al estático: el uso de una estación de referencia sobre un punto de coordenadas conocidas y otro receptor medidor. La diferencia estriba en que este receptor medidor es ahora móvil, es decir, no permanece estático durante el tiempo de medición, sino que cambie de posición.

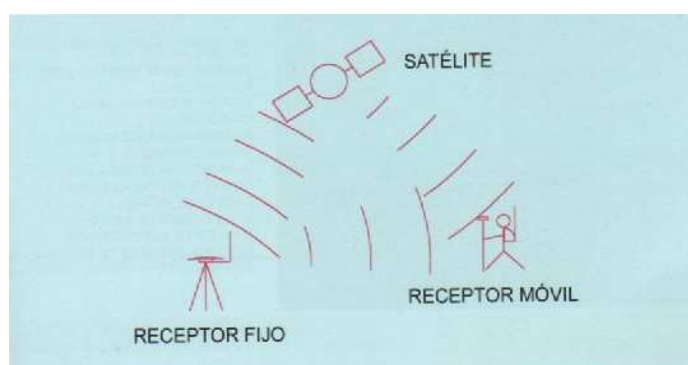


Figura 4.40. Sistema de Posicionamiento- RTK

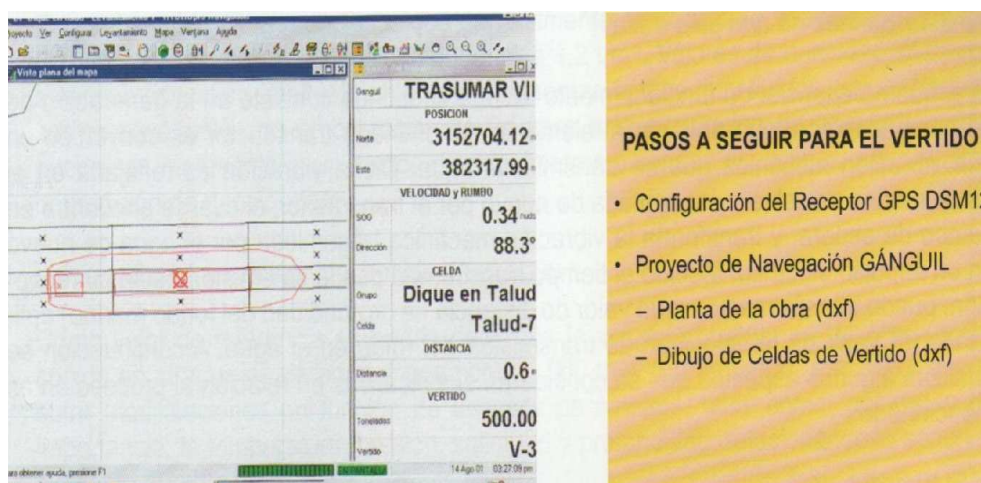


Figura 4.41. RTK, control de ubicación de las dragas y gánguilas.

#### 4.10.2.2. Sondaje

Antiguamente los sondeos se realizaban introduciendo un elemento previamente tarado ``escandallo`` en el agua, comprobando la profundidad de dicho punto.

Se trata de un procedimiento anticuado y muy poco preciso, un en día no se utiliza, actualmente se mide la profundidad marina a través de elementos, denominados sondas.

##### 1. Sondaje de una sola traza

El esquema esencial de funcionamiento de un ecosonda consiste en la generación de un pulso eléctrico, que al llegar al elemento denominado transductor es convertido en una vibración mecánica que se trasmite al agua. Dicha vibración es reflejada en el fondo marino y vuelve a ser captada de nuevo por el transductor, el cual se encuentra en tiempo de espera, y transforma la vibración mecánica transmitida por el agua de nuevo en impulso eléctrico. Medido el tiempo transcurrido desde su emisión hasta su recepción, puede transformarse en un valor de distancia aplicando un valor de velocidad de transmisión del ruido en el agua. A continuación se analizan algunos aspectos que se consideran significativos en relación al proceso antes mencionado.

##### — *El transductor*

Es el elemento que transforma el impulso eléctrico de la ecosonda en una vibración mecánica. Cuando hay que elegir un transductor hay que tener en cuenta los siguientes criterios:

- Profundidad a investigar.
- Resolución requerida.
- Frecuencia de pulso de la emisión.
- Potencia transmitida.
- Direccionalidad.

### — *Velocidad de transmisión del sonido en el agua*

Es un valor de aproximadamente 1.500 m/s. este valor puede sufrir modificaciones en función de diversos parámetros, como por orden de importancia, la temperatura, presión, salinidad y profundidad.

### — *Calibración*

Como la velocidad de transmisión de una onda en el agua puede sufrir variaciones en función del valor de determinados parámetros. Por este motivo, es necesario proceder a la calibración de la sonda, su objetivo es verificar el valor real de dicha velocidad.

En la actualidad existen equipos que miden directamente la velocidad de propagación en una determinada columna de agua sin más que introducirlo en el agua (fig.4.42).



**Figura 4.42. Equipo que mide directamente la velocidad de propagación en una determinada columna sin más introducirlo en el agua.**

## **2. Sondas multihaz**

La aplicación técnicas sonoras a la hidrográfica ha traído al mercado el sistema multihaz.

- El sistema monohaz (una o dos frecuencias) empleado hasta la fecha, genera un haz cónico que se prepa en la columna de agua desde el transductor hasta el fondo y que proporciona el valor de la profundidad únicamente en el punto que ocupa la embarcación en un momento determinado.
- El sondador toma valores de profundidad a lo largo de las líneas de navegación preestablecidas y el programa hidrográfico realiza una interpolación entre dichas líneas. (fig.4.43) ,(fig.4.44) y (fig.4.45)

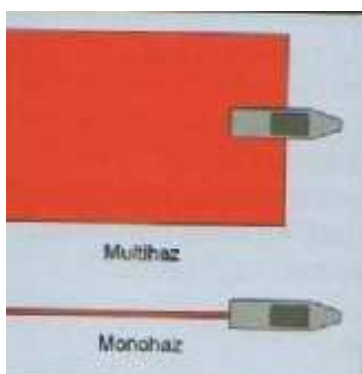


Figura 4.43. La forma.

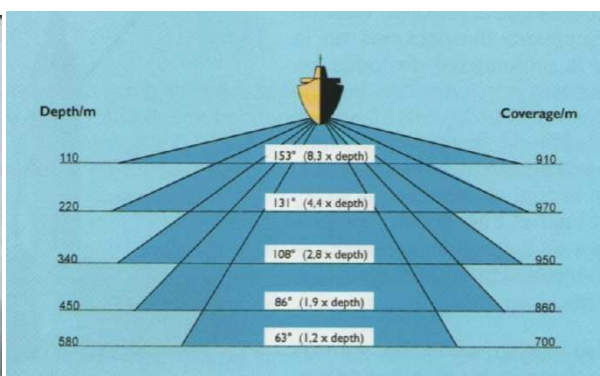


Figura 4.44. Posición de la embarcación

Los diferentes haces se reparten a ambos lados de la trayectoria, totalizando ángulos de visión que pueden llegar a 150° o más. En estas condiciones se podrá obtener un conjunto de datos que reflejarán la situación del fondo marino sin dejar ningún punto sin cubrir.

La sonda monohaz se conoce únicamente el valor de la profundidad de los puntos bajo los perfiles navegados, obteniendo las zonas intermedias entre perfiles mediante interpolación.

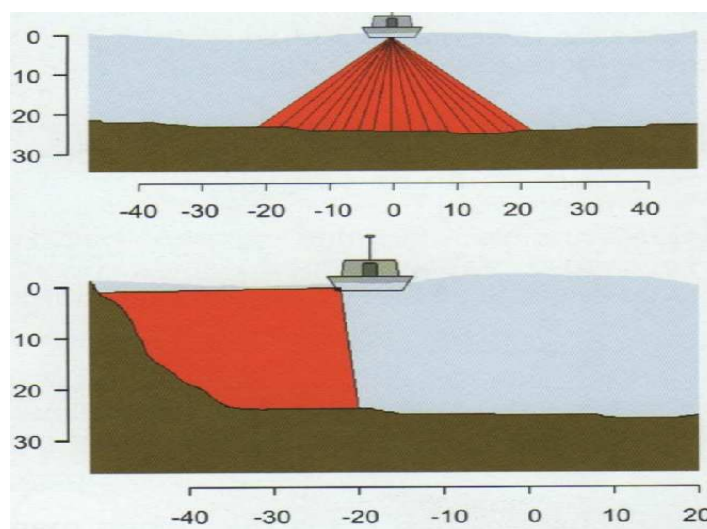


Figura 4.45. Sonda monohaz.

El sistema de trabajo con sonda multihaz requiere la utilización de sensores de movimiento de la embarcación, toda vez que precisamente la característica del equipo de "barrer" bandas de terreno ocasionaría errores importantes debido a los movimientos que experimenta la embarcación en su recorrido.



#### 4.10.2.3. Nivel de referencia y corrección de sondaje

Resulta absolutamente imprescindible referir una campaña batimétrica a un nivel de referencia altimétrico, que en el caso de trabajos marítimos relacionados con el dragado suele ser el nivel medio del mar en Alicante, o bien el cero del puerto donde se realice la campaña específica. (Cádiz).

Tradicionalmente los puertos solían contar con reglas graduadas introducidas en el agua, las cuales marcaban en cada momento la posición del nivel del mar. A la hora de realizar una campaña un operario tomaba alturas de marea cada cierto tiempo durante la duración del mismo.

Actualmente, es usual que los puertos cuenten con un mareógrafo instalado en sus instalaciones, por lo que las correcciones de los niveles del agua deben referirse a las mediciones que registre este equipo. Este hecho debe tenerse en cuenta no sólo en mares con marea astronómica significativa, sino también aquellos en los que tradicionalmente se ha despreciado este valor toda vez que también debe ser considerado la manera de meteorológica, que puede resultar significativa.

#### 4.10.2.4. Trabajos de gabinete y presentación de resultados

Un levantamiento hidrográfico requiere de un trabajo de gabinete asociado al mismo. Así, resulta necesario con carácter previo a la propia ejecución de la campaña, proceder a una planificación de la misma, particularmente en lo que se refiere a la definición de los perfiles o itinerarios a sondear.



Figura 4.46. Programa para proceder al curvado de la superficie del fondo marino, definiendo la misma a través de líneas batimétricas con la equidistancia que se considera apropiada.

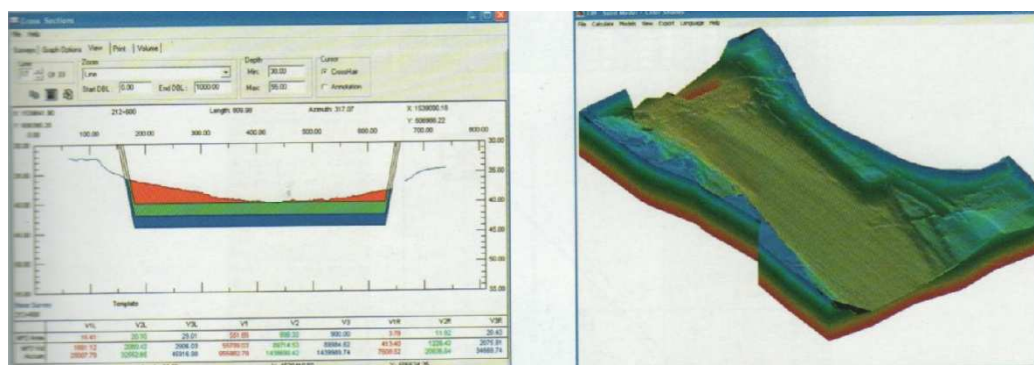


Figura 4.47. Obtención de perfil transversal del terreno para la cubicación de volúmenes de dragado

Algunos equipos permiten el procesado a bordo de los datos de la campaña, si bien no suele ser habitual que dispongan de elementos de trazado entonces hace falta un trabajo posterior del gabinete.

### 4.10.3. Estudios geofísicos para la investigación de fondos

#### 4.10.3.1. Objetivo y Metodología

El objetivo de las campañas geofísicas de dragados son:

- Conocimiento de la situación del fondo marino (capas superficiales).
- Conocimiento de las capas del subfondo marino.

Estas investigaciones suelen acompañarse y complementarse con análisis batimétricos. Las campañas geotécnicas deben considerarse completamente a las investigaciones y campañas geotécnicas mediante toma de muestra y análisis de la misma, “in situ” o en laboratorio, y nunca como sustitutivas.

El fundamento de estos métodos, brevemente menciono que los más frecuentemente usados son los sísmica de refracción y sísmica de reflexión, técnicas ambas que estudian la propagación en el terreno de ondas sísmicas producidas artificialmente, estableciendo, mediante este procedimiento, la configuración geológica del subsuelo.

#### 4.10.3.2. Equipos

##### — Sonar de barrido lateral

Se basa en el método de sísmica de reflexión, pero sin focalizar el haz de emisión, puesto que lo que se pretende obtener es un “barrido” amplio a lo largo de toda la línea del suelo perpendicular a la trayectoria de la embarcación, formando un “pasillo”.

Con esta técnica no se pretende atravesar los sedimentos, sino “fotografiar” el suelo de cara a estudiar la morfología del fondo marino.

El equipo está compuesto por un pez que lleva a babor (la izquierda de un barco) estribor (la derecha de un barco) sondas transductoras que actúan como emisores/receptores de señales ultrasónicas en dirección perpendicular al sentido de avance.

— ***Perfilador***

Con este equipo se logra definir los primeros metros de subsuelo. Su frecuencia de emisión varía entre 2 y 10 Khz, siendo lo más frecuente 3,5 Khz, lo que permite penetrar varios metros en sedimentos blandos hasta que se disipa su energía.

El transductor puede ir colgado o remolcado a modo de pez por un costado de la embarcación para independizarlo de los movimientos del mismo y poder evitar la interferencia que el casco pudiese provocar.

— ***Sistema Boomer / Geopulse / Uniboom***

El método consiste en la producción de una serie de pulsos acústicos que son recibidos y registrados después de reflejarse en el fondo del mar y capas subyacentes.

#### **4.10.4. Condiciones oceanográficas y meteorológicas**

Es necesario proceder a la recopilación de datos meteorológicos y oceanográficos en la zona de ejecución de un dragado.

***Parámetros más representativos:***

##### ***4.10.4.1. Oleaje***

Resulta ser, en la inmensa mayoría de los casos, el parámetro climatológico preponderante y más significativo a la hora de la definición y dimensionamiento de una obra o campaña marítima, y en el caso que estoy haciendo, sobre dragado.

*Los datos que se recomienda recabar son los siguientes:*

- Altura de ola significativa.
- Periodos medios y de pico.
- Direcciones de procedencia.
- Regímenes medio.

Entre las fuentes de datos de las que se puede obtener información en este aspecto destacan las siguientes:

- *Puntos del modelo WANA*

Son datos sintéticos obtenidos por Puertos del Estado a través del modelo de generación de oleaje WAM.

- *Puntos del modelo WASA*

Los datos WASA son un conjunto de datos sintéticos generales por Puertos del Estado dentro del Proyecto europeo Waves and Storms in the North Atlantic.

- *Red de boyas de aguas profundas*

Está formada por 12 boyas distribuidas a lo largo de la costa española (Golfo de Cádiz, Bilbao, Cabo de Peñas, Estación de Bareas, Villano-Sigargas, Gran Canaria, Cabo de Silleiro, Tenerife, Mahón, Cabo Begur, Cabo de Geta, mar de Alborán), fondeados en profundidades entre 200 y 800 m, los cuales miden además del oleaje otros parámetros oceanográficos y meteorológicos (presión atmosférica, temperatura de aire, velocidad, dirección de viento, dirección de las corrientes, salinidad del agua).

- *Red costera de boyas*

Proporciona datos de oleaje en tiempo real en aguas poco profundas. Su objetivo es complementar las medidas de la red exterior en lugares de especial interés para la actividad portuaria.

- *Datos visuales*

Se puede obtener directamente en la ROM 3.1. Se trata de datos visuales de oleaje en aguas profundas con información direccional creada a partir de los datos suministrados por el National Climatic Data Center de Asheville (EE.UU), obtenidos de buques en ruta.

#### **4.10.4.2. Viento**

A pesar de ser un parámetro meteorológico muy significativo con carácter general, para el caso de campañas de dragados su interés puede resultar más limitado.

Los datos más relevantes resultan ser la velocidad, dirección y frecuencia de presentación. Puertos del Estado cuenta con una red (REMPOR) formada por 30 estaciones meteorológicas instaladas en 21 Autoridades Portuarias y también sensores de viento.

#### **4.10.4.3. Corriente**

Si existe corriente en la zona de dragado eso va a condicionar la forma de trabajo de la obra, y el cómo producir el transporte de partículas de pequeño tamaño que pueden quedar en suspensión durante la ejecución del dragado, con la consiguiente dispersión de las mismas.



La medición de los parámetros significativos, intensidad y dirección, se realiza a través de correntímetros que se colocan a distintas profundidades.

#### **4.10.4.4. Mareas**

Es un parámetro fundamental en cualquier obra marítima y desde luego en los dragados. Es necesario conocer la evolución del nivel de la superficie de agua durante la obra de ejecución de los trabajos de dragado para conocer los equipos que hay que utilizar en cada profundidad obteniendo así el máximo rendimiento.

Puertos del estado dispone de una red de mareógrafos en funcionamiento desde 1992 y ubicados en distintos Puertos del Sistema Portuario de Titularidad Estatal.

### **4.11. ASPECTOS DEL ENTORNO Y LOGÍSTICOS**

Existen otros factores que pueden condicionar la planificación y la propia ejecución de una campaña de dragado.

Entre los primeros hay que destacar los vertidos del tráfico marítimo. Así, la ejecución de una obra de dragado puede resultar muy condicionada si ésta se realiza en una ubicación donde exista tránsito de otras embarcaciones. En primer lugar por las necesidades de balizamiento de los equipos que exija sobre el particular la normativa vigente, particularmente para el caso de dragados estacionarios. Pero también por las exigencias que impone la necesidad de permitir el tránsito de embarcaciones y no entorpecerlas con los equipos de dragado.

La operación de movimiento de una draga puede ser compleja y tiene muchas paradas prolongadas con el consiguiente impacto que esto hecho tiene sobre los rendimientos y producciones de la obra.

Con respecto a los aspectos logísticos, es necesario prever, en la zona de emplazamiento de los trabajos, posibilidades de suministro a la obra, materiales o equipamientos complementarios necesarios, repuestos, suministro de combustible a los equipos, suministro a las tripulaciones de las dragas, así como posibilidad de contratación de personal y equipos complementarios a los propios equipos de dragado (embarcaciones auxiliares, tripulaciones, equipos de sondaje, etc.).

2010

## CAPÍTULO V. TRANSPORTE DE LA MAQUINARIA DE DRAGADO.



IYAD S T KHADER

DRAGADOS PORTUARIOS Y COSTEROS:  
UNA REVISIÓN CRÍTICA PARA EL GOLFO DE CÁDIZ  
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS.

## **V. TRANSPORTE DE LA MAQUINARIA DE DRAGADOS DE HOLANDA HASTA CÁDIZ**

### **5.1. INTRODUCCIÓN**

En el tema de transporte de la maquinaria de dragado vamos a estudiar la manera de transportar los equipos de dragados desde Holanda hasta Cádiz. Para ello tenemos que estudiar las características de las maquinas de dragados, estas características nos permiten estudiar la forma de transportar cada máquina de dragado.

Las características de cada tipo de máquina de dragado lo vamos a estudiar en los temas posteriores. Aquí vamos a elaborar un estudio simple sobre las formas de transportar las maquinarias en general y las documentaciones necesarias para el transporte.

También en este tema entramos en el estudio de la logística del transporte de dragado y los equipos de transporte y elevación del material y los equipos de transporte y vertido.

### **5.2. HOLANDA Y EL DRAGADO**

Holanda se encuentra en el oeste de los Países Bajos. Una región marítima, Holanda se encuentra en el Mar del Norte en la desembocadura del Rin y el Mosa ( Maas ). Cuenta con numerosos ríos y lagos y una extensa vía canal y un sistema fluvial. Al sur se encuentra Nueva Zelanda. La región limita al este con el IJsselmeer y en tres provincias diferentes de los Países Bajos.

Holanda está protegida del mar por una larga línea de costa y de dunas. La mayor parte de la superficie de tierra detrás de las dunas se compone de polders paisaje se extiende muy por debajo del nivel del mar. En la actualidad el punto más bajo en Holanda es un polder, cerca de Rotterdam , que está a unos siete metros por debajo del nivel del mar.

Drenaje continuo es necesario para mantener Holanda de una inundación. En siglos anteriores los molinos de viento se utilizaron para esta tarea. El paisaje era (y en algunos lugares sigue siendo) salpicada de molinos de viento, que se han convertido en un símbolo de Holanda.

La tierra que ahora es de Holanda nunca había sido estable. Durante milenios la geografía de la región había sido dinámica. La costa occidental desplazado hasta treinta kilómetros al este de los aumentos repentinos y la tormenta rompió con regularidad a través de la hilera de dunas costeras. Las islas de Frisia , que originalmente se unió a tierra firme, se desprendieron islas en el norte.

Por este motivo fue la elección de Holanda como el sitio de donde se transporta las maquinas de dragado, siendo Holanda el de las dragas y de los dragados, y como dice un profesor y amigo mío que `` dios creo al mundo y los holandeses crearon a Holanda a base de dragar``.

Por eso Holanda se considera uno de los países más adelantados en el tema de dragados, en otras palabras, los holandeses son los amos de los dragados



Figura 5.1. Posición de Holanda en Europa.



Figura 5.2. Mapa de Holanda.

### 5.3. EL GOLFO DE CÁDIZ

El golfo de Cádiz es un entrante del océano Atlántico en la costa del suroeste de la península Ibérica, que se encuentra entre el cabo de San Vicente, en Portugal, y el Estrecho de Gibraltar, por lo que sus aguas bañan la costa sur del Algarve, la costa de la provincia de Huelva y la costa atlántica de la provincia de Cádiz. En el Golfo de Cádiz hay dos ríos grandes como el Guadalquivir y el Guadiana, así como el Odiel, el Tinto y el Guadalete.



Figura 5.3. Mapa de España en la que aparece el Golfo de Cádiz



Problemas de erosión de las playas han sido resueltos por la adición de arena de las playas del Golfo de Cádiz. Durante la última década, más de  $12 \times 10^6$  m<sup>3</sup> de arena se han nutrido en 38 operaciones de restauración llevada a cabo en muchas playas.

#### **5.4. LOGISTICA INTERNACIONAL DEL TRANSPORTE**

En este apartado vemos los medios de transporte internacional y la contratación de transporte marítimo ya que la gran mayoría de las dragas vienen por sus propios medios navegando por el mar desde Holanda hasta Cádiz.

##### **5.4.1. DFI-Regla de Oro**

“Transportar el producto adecuado, en la cantidad requerida, al lugar acordado y al menor coste total, para satisfacer las necesidades del consumidor en el mercado internacional justo a tiempo y con calidad total”.

En nuestro caso el producto adecuado es la draga, la cantidad adecuada es la cantidad de dragas que necesitamos para la realización del trabajo en el golfo de Cádiz, y para satisfacer las necesidades del consumidor es para poder realizar el trabajo en el sitio que queremos realizarlo.

##### **5.4.2. DFI- Análisis adecuado Distribución física internacional**

- Definir la carga a transportar y su preparación para el transporte.
- Los medios de transporte y su adecuación a la carga transportar.
- El costo de la cadena de la DFI: embalaje, marcado, documentación, unitarización, almacenamiento, manipuleo, transporte, seguro, aduana, agentes intermediarios, bancos, entre otros.

##### **5.4.3. Medios de transporte internacional**

El Transporte Internacional representa dentro del área de servicios en el Comercio Internacional uno de los aspectos más importantes que deben conocer los operadores, tanto por la incidencia en los costos del mismo, como por los riesgos que representa el traslado de una mercadería, como por las tareas operacionales paralelas que el mismo produce.

Los modos de transporte internacional en las que podemos transportar en nuestro caso los accesorios (piezas) de una draga o las tuberías de dragas y las mismas dragas de desde Holanda a Cádiz, son:

- Marítimo/ Fluvial.
- Aéreo.
- Terrestre.
- Ferroviario.
- Multimodal.

#### **5.4.4. Selección del modo de transporte más adecuado**

Para la selección de un modo de transporte para transportar cualquier mercancía, tenemos que realizar estudio de lo siguiente:

- Tarifa.
- Distancia.
- Tiempo de transporte (Transit time).
- Valor de lo que voy a transportar.
- Seguros.
- Embalaje.
- Reglamentación según tipo de carga, Internacional Maritime Organization (IMO).
- Posibilidad de siniestros.
- Costos de la carga y descarga.
- Rutas posibles.
- Instalaciones portuarias en destino.

#### **5.4.5. Transporte multimodal**

Utilización de mínimo dos modos diferentes de porteo (acuático, aéreo, carretero o ferroviario), a través de un solo operador, que emitirá un documento único para toda la operación.

El principal objetivo del transporte multimodal es evitar o reducir los transbordos de mercaderías, es decir el peso de la mercadería de un modo de transporte a otro con manipuleo vertical.

#### **5.4.6. Contenedores- Concepto**

Se entiende por contenedor como el instrumento de transporte concebido para:

1. Facilitar el transporte de mercaderías, por uno o varios medios de transporte, a fin de evitar daños.
2. Tener carácter permanente, diseñado para permitir el uso repetido.

3. Facilitar su manipulación, principalmente en el momento del transbordo de medio de transporte a otro.
4. Facilitar su carga y descarga.

### 5.4.7. Contenedores- Tipos y medidas

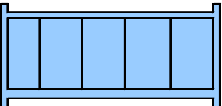
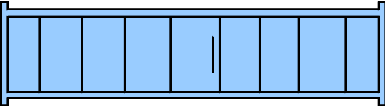
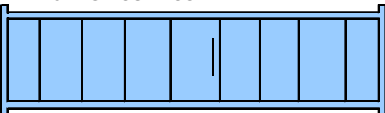
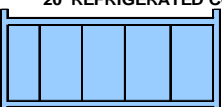
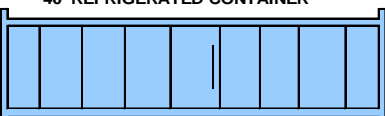
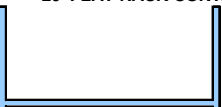
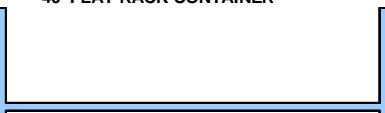
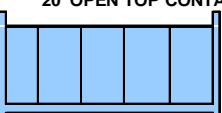
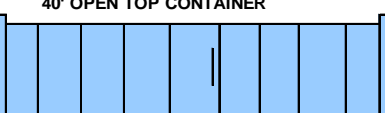
EQUIPMENT	INTERIOR DIMENSIONS		DOOR OPENING		TARE WEIGHT	CUBIC CAPACITY	PAYLOAD
<b>20' DRY FREIGHT CONTAINER</b> 	L: 5.90 m W: 2.352 m H: 2.393 m	19.35 ft 7.71 ft 7.80 ft	W: 2.343 m H: 2.280 m	7.64 ft 7.48 ft	2230 kgs 4920 lbs	33.2 cbm 1173 cu ft	21770 kgs 47990 lbs
<b>40' DRY FREIGHT CONTAINER</b> 	L: 12.034 m W: 2.352 m H: 2.395 m	39.44 ft 7.68 ft 7.81 ft					
<b>40' HIGH CUBE CONTAINER</b> 	L: 12.033 m W: 2.348 m H: 2.688 m	39.42 ft 7.75 ft 8.83 ft					
<b>20' REFRIGERATED CONTAINER</b> 	L: 5.450 m W: 2.285 m H: 2.260 m	17.88 ft 7.50 ft 7.42 ft					
<b>40' REFRIGERATED CONTAINER</b> 	L: 11.600 m W: 2.286 m H: 2.241 m	38.06 ft 7.50 ft 7.35 ft	W: 2.288 m H: 2.266 m	7.51 ft 7.43 ft	4350 kgs 9590 lbs	56.77 cbm 2004 cu ft	28150 kgs 62060 lbs
<b>20' FLAT RACK CONTAINER</b> 	L: 5.932 m W: 2.394 m H: 2.319 m	19.19 ft 7.31 ft 7.04 ft					
<b>40' FLAT RACK CONTAINER</b> 	L: 12.042 m W: 2.394 m H: 2.034 m	39.52 ft 6.95 ft 6.43 ft	W: 2.336 m H: 2.233 m	7.51 ft 7.51 ft	2050 kgs 4519 lbs	32.1 cbm 1133 cu ft	21950 kgs 48390 lbs
<b>20' OPEN TOP CONTAINER</b> 	L: 5.792 m W: 2.225 m H: 2.31 m	19.32 ft 7.61 ft 7.57 ft					
<b>40' OPEN TOP CONTAINER</b> 	L: 11.883 m W: 2.152 m H: 2.32 m	39.56 ft 7.64 ft 7.61 ft	W: 2.337 m H: 2.280 m	7.61 ft 7.51 ft	3800 kgs 8377 lbs	66.6 cbm 2351 cu ft	27020 kgs 59567 lbs

Tabla 5.1. Tipos de contenedores y sus medidas.

- **Tipos de contenedores**

Los tipos de contenedores más comunes son utilizados para:

1. Carga general (Dry cargo).
2. Refrigerados.
3. Ventilados.
4. Líquidos a general.
5. Sólidos a general.
6. Elementos gaseosos.

#### 5.4.8. Tráficos en el modo de transporte marítimo

Son las rutas a los puertos de destino, que serán de línea regular o conferenciada.



Figura 5.4. Línea regular y conferenciada.

#### 5.4.9. Declaración de embarque

Formulario para completar. Servirá para formalizar el conocimiento de embarque el cual se completará 48 hs antes de la partida del buque.



### Declaración de embarque- Formulario Modelo.

(1) Buque:		(2) Puerto de Carga:	
(3) Puerto de Descarga:		(4) Destino Final:	
(5) Cant. originales:	(6) Cant. copias:	(7) Lugar de pago:	
(8) Embarcador (Nombre, Domicilio y Nro. de C.U.L.T.):			
(9) Consignatario (Nombre y Domicilio):			
(10) Notificatario (Nombre y Domicilio):			
(11) Marcas y Nros.:	(12) Cantidad de Bultos y Descripción de la Mercadería: (En caso de cont. aclarar cant. de bultos en cada cont.)	(13) Peso Bruto (Kgs.)	(14) Cubicaje (m <sup>3</sup> )
(15) Sólo para Carga Peligrosa IMO CLASS:		UN:	PAGE:
(16) N° de Permiso de Embarque:			
(17) N° de Booking:			
(18) Nombre y Tel. de quien confeccionó la presente:			
(19) Facturar a nombre de:			
(20) Contacto en Agencia Marítima:			
(21) Observaciones:			

Firma

Tabla 5.2. Declaración de embarque.

#### 5.4.10. Conocimiento de Embarque – Ocean Bill of Lading

Contrato que da titularidad a la mercadería (consigne a través del despachante libera la mercadería) y prueba el transporte de la mercadería vía marítima.

#### 5.4.11. Proceso de exportación a través de una agencia marítima

Se debe comunicar con el área Comercial informando cantidad de contenedores que le interesa transportar, tipo de carga y puerto de destino. Los profesionales del área realizarán la cotización correspondiente. Una vez que el cliente de su aprobación para realizar el envío, el Departamento de Customer Service lo asesorará, en forma personalizada, en todas las dudas e inconvenientes que puedan surgir en el proceso de exportación.

El representante de la agencia, se comunicará con el agente de cargas solicitando la reserva de espacio, estableciendo el peso y el volumen de la mercadería.

Utilizando contenedores, se traslada carga seca y/o refrigerada según la mercadería. Además se emplean los llamados Flat Racks, para transportar mercaderías con extra-medidas, como por ejemplo maquinarias, cajones, botes, etc.

El cargador debe realizar la solicitud de contenedor. Existen tres alternativas para la carga: el cliente puede consolidarla en sus propias instalaciones, hacerlo en la Terminal Portuaria que opera la armadora o dueña de buques o consolidar en depósito fiscal. En el primer caso, el Departamento de Contenedores emite una orden de retiro que lo habilita a sacar el contenedor de la zona portuaria, llevarlo a su planta y luego devolverlo cargado. Para la segunda opción, debe enviar el cargamento en camiones y el personal de la terminal se encarga del llenado de los contenedores. De optar por esta última, debe abonar a la Terminal un costo adicional. Cabe destacar, que siempre el contenedor debe encontrarse en condiciones de salida, antes del corte de carga, es decir, el día anterior a la salida del barco.

Es el Departamento de Exportación de la Agencia, quien se encarga de realizar los trámites correspondientes. Además, el Departamento de Atención de Buques, lleva a cabo la tarea de relacionarse con los capitanes de los barcos, facilitándoles los trámites en la Dirección Nacional de Migraciones y en la Prefectura Naval Argentina para su correcto amarre en la zona portuaria. De la misma manera, el Departamento de Aduana de la Agencia, realiza los trámites pertinentes para habilitar debidamente el buque ante este organismo.

Previo a la salida del buque, se debe enviar a la agencia marítima el formulario pro forma de la declaración de embarque debidamente completada, a los efectos de emitir los conocimientos de embarque (Bill of Ladings) y sus respectivas copias. La información incluida en dicha proforma es confrontada con los recibos de embarque, firmados por el comando del buque. Una vez corroborados, se procede a la emisión de los mismos.

Los conocimientos pueden ser confeccionados con flete y gastos prepagados o a cobrar en destino, según la negociación comercial acordada y serán entregados al embarcador contra el pago de las deudas correspondientes. Finalmente, se confecciona el Manifiesto de Exportación (MANE) que es la compilación de todos los conocimientos de embarque que componen la carga del buque. Por último esa información es ingresada en el Sistema Informático María (SIM).

## 5.5. EQUIPOS DE DRAGADO

Los equipos de dragado se pueden clasificar según la operación que realizan:

- ✓ Equipo de excavación (dragas).
- ✓ Equipo de transporte (gánguiles, tuberías, propia cantara).
- ✓ Equipo de vertido (elevadores).
- ✓ Equipo complementario (romperrocas,...etc. y material auxiliar).

Cada una de estas operaciones (excavación, transporte y vertido) están claramente diferenciadas, pero es usual que un equipo de dragado realice más de una operación e incluso que las realice todas.

### 5.5.1. Elección del equipo de dragado

La elección del equipo o tren de dragados es una decisión en la cual intervienen numerosos factores como pueden ser:

- ✓ Situación y superficie de la zona a dragar.
- ✓ Cantidad de los distintos materiales que hay que dragar.
- ✓ Características geotécnicas del material a dragar, existencia de varios materiales, estratificación, granulometría, cohesión, volumen de huecos, densidad, resistencia al corte,...
- ✓ Profundidad de dragado, batimetría.
- ✓ Clima marítimo: altura de ola, dirección del oleaje, corrientes, mareas, etc.,..., de la zona de dragado y del área de vertido.
- ✓ Distancia entre la zona de dragado y el área de vertido.
- ✓ Existencia de obstáculos u objetos peligrosos.
- ✓ Aspectos sociales e institucionales.
- ✓ Aspectos medioambientales.
- ✓ Tráfico marítimo existente en la zona.

## 5.6. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS Y MATERIALES

### 5.6.1. Transporte de sedimentos

El transporte de sedimentos en el mar o acarreo litoral es el fenómeno que se lleva a cabo en una playa, por medio del cual las partículas sólidas de que está compuesta se transportan a lo largo de ella. Se produce principalmente entre la línea de playa y la zona de rompiente, aunque también fuera de ésta existe transporte.

El estudio de transporte de sedimentos es importante para diferentes aspectos:

- En la ingeniería de costas el acarreo litoral, determina el diseño de protecciones costeras.
- En el dragado es importante por los problemas del volumen acarreado en función del tiempo, ocasionando azolves en zonas previamente dragadas.

Es importante aceptar que el principal objetivo en el estudio de transporte de sedimentos es predecir si se tendrá una condición de equilibrio o existirá erosión o depósitos y determinar las cantidades involucradas.

Las causas que provocan el transporte de sedimentos en las costas son básicamente las corrientes y el oleaje. Por otro lado las vías navegables en desembocaduras de ríos están sujetas además del acarreo litoral, al transporte de sedimentos en suspensión, principalmente en época de avenidas, depositándose en las zonas de mayor profundidad, donde al aumentar el área hidráulica disminuye la velocidad.

### **5.6.2. El proceso de dragado y sus operaciones**

El proceso de dragado comprende cuatro partes diferenciadas, que originarán diversos métodos según se efectúe:

1. El tratamiento previo del material a dragar. En determinadas ocasiones, es necesario efectuar un quebrantamiento previo del material, con un medio independiente a la máquina que lo extraiga posteriormente del fondo.
2. La extracción del material desde el fondo hasta la superficie, por medio de una máquina especial: la draga.
3. El transporte del material extraído, desde la zona de dragado a la zona de descarga.
4. La descarga de material transportado al lugar asignado.

#### **5.6.2.1. Transporte del material extraído**

La tercera operación ligada al trabajo de dragado es el transporte del material desde el área de dragado al área de depósito, puede realizarse de diversas maneras:

1. En la misma draga que se auto-carga con el material que extrae, y lo transporta a la zona de depósito.
2. El material lo pueden transportar otras embarcaciones, los gánguiles, que reciben los materiales de la draga y lo llevan al área de vertido.
3. El material puede transportarse a través de tuberías impulsado en mezcla con agua.



### 5.6.2.2. Descarga de material transportado

La última operación en un dragado es la descarga del material desde el medio de transporte al área de vertido. El material puede ser descargado en el mar, o en la tierra firme. Esta descarga puede realizarse:

- A. Por fondo, es decir, el material se descarga por gravedad al mar desde el medio de transporte, (figura 5.5).



Figura 5.5. Gánguil de casco partido, descarga por gravedad.

- B. Mediante el empleo de almejas o cucharas, que vacían el material del medio de transporte y lo echan al área de vertido (figura 5.6).



Figura 5.6. Descarga del gánguil con pala ó dipper con retroexcavación.

- C. Por tuberías, siendo una contaminación del medio ambiente de elevación del material del fondo, (figura 5.7).



Figura 5.7. Descarga por tuberías.

- D. Mediante bombas que vacían la embarcación de transporte, (figura 5.8).



Figura 5. 8. Descarga por bombas.

En la tabla 5.3, se especifican de una manera muy general las diferentes dragas que existen, indicando los métodos más habituales de extracción de material, transporte y vertido.

Clase	Tipo	Método de transporte	Método de vertido
<b>Dragas Mecánicas</b>	Rosario de cangilones	Gánguil	Descarga de fondo, bivalva o elevador
	De cucharas de almejas	Gánguil	Descarga de fondo, bivalva o elevador
	Tipo retroexcavadora	Gánguil	Descarga de fondo, bivalva o elevador
	Tipo pala (Dipper)	Gánguil	Descarga de fondo, bivalva o elevador
<b>Dragas Hidráulicas</b>	Dupstan	Tubería o gánguil	Tubería, descarga de fondo, bivalva o elevador
	De succión simple	Tubería o gánguil	Tubería, descarga de fondo, bivalva o elevador
	De succión por arrastre	Tubería o gánguil	Tubería, descarga de fondo, bivalva o elevador
	Draga de succión en marcha	Tubería o gánguil	Tubería, descarga de fondo, bivalva o elevador
<b>Dragas Combinadas</b>	Draga de succión con cortador	Tubería o gánguil	Tubería, descarga de fondo, bivalva o elevador
	Draga de succión con cortador vertical	Tubería o gánguil	Tubería, descarga de fondo, bivalva o elevador
<b>Otras Dragas</b>	Rastra de fondo (Bed -leveller)	Propia cántara	Descarga de fondo, bivalva o elevador
	Arado (Plough)	Propia cántara	Descarga de fondo, bivalva o elevador

Tabla 5.3. Clasificación de las dragas.

## 5.7. EQUIPOS DE TRANSPORTE Y ELEVACIÓN

*El transporte* del material de dragado puede realizarse: por tuberías, mediante la cántara de la draga, con barcazas.

*La elevación* del material desde el fondo hasta la superficie se puede realizar por medios mecánicos o hidráulicos de acuerdo al tipo de draga que se utilice. La elevación del material desde el fondo a la superficie puede realizarse mecánicamente o hidráulicamente. Mecánicamente, elevando el cazo, cangilón o cuchara que contiene el material, e hidráulicamente, mediante el empleo de bombas centrífugas, submarinas, jets de agua o de aire etc.

La draga de succión con cortador o draga de cortador es una draga que combina las ventajas de las dragas mecánicas y de las dragas hidráulicas.

La disgregación del material se efectúa mediante el giro de un cabezal mecánico mientras que la elevación y transporte del material se efectúa mediante succión.

## **5.8. EQUIPOS DE TRANSPORTE Y VERTIDOS**

### **5.8.1. Equipos de transporte**

El transporte de los productos extraídos desde el punto de dragados hasta el de vertido se puede realizar por cántaras, por tuberías y por canaletas.

El primero puede hacerse en cántara del mismo barco o en gánguiles; el segundo se utiliza en los equipos de impulsión, tanto sean directamente desde las dragas como desde equipos especiales de vertido por impulsión.

Los sistemas de transporte por canaletas se utilizan en algunos métodos de trabajo en los que las dragas van vertiendo lateralmente el producto, directamente desde la draga, sobre el cauce fluvial o canal, o bien sobre márgenes laterales.

Los elementos más utilizados son los gánguiles y tuberías; el método por canaleta se utiliza poco o muy poco.

#### **5.8.1.1. Tuberías de transporte**

Pueden ser flotantes, para la conexión de las dragas con tierra, o terrestres para la distribución del producto por tierra firme.

Las tuberías flotantes deben tener suficiente longitud para permitir el avance y movimiento de la draga y desplazarse juntamente con la draga al moverse ésta por lo que debe estar dotado de la superficie flexibilidad.

Esto se consigue formando la tubería mediante módulos de 5 á 10 m. articulada entre sí, montados sobre flotadores o autoflotadores, la unión entre módulos se hace mediante manguitos de goma o rótulas esféricas.

Los flotadores son de tipo muy diversos: cilíndricos, semicilíndricos, en forma de artesa, etc. La tubería autoflotante se construye metálica o fibra de vidrio reforzada forrándola de una gruesa capa de espuma de poliuretano protegida por una capa de polietileno.

Las tuberías se anclan mediante cable y anclas al fondo del canal o punto de dragado; la unión de la tubería de impulsión de draga a la de transporte se hace mediante una mangueta de goma adecuada, o unos codos giratorios con abrazaderas o juntas esféricas. Cuando se draga una vía con mucho tráfico y la tubería flotante constituye un impedimento se utilizan tuberías sumergidas apoyadas en el fondo.

La conexión de la draga con la tubería se hace mediante un dispositivo similar al que utilizan los petroleros a base de una boya que lleva una válvula de conexión entre la tubería de salida de la draga y la de impulsión a tierra.

La tubería en tierra suele disponerse en tramos horizontales largos, con alguna pendiente para facilitar la circulación de la mezcla, evitando curvas y codos en lo posible para disminuir la pérdida de altura manométrica.

Si hay que impulsar a mucha distancia con conductos muy largos puede ser necesario intercalar estaciones de bombeo intermedias.

#### **5.8.1.2. Gánguiles**

El transporte en cántaras puede clasificarse en los siguientes tipos:

- Dragas autoportadoras
- Gánguiles → Vertido por elevación.
  - Vertido por fondo → De compuertas.
  - De charnela

A su vez los gánguiles pueden dividirse en dos grupos: remolcados y autopropulsados. Se han impuesto los autopropulsores, con máquinas del barco o con motor independiente tipo Schottel, utilizándose cada vez menos los remolcados.

El vertido por elevación desde los gánguiles se hace generalmente mediante elevadores de succión; suelen ser cerrados, ya que son sencillos y más baratos, dando forma trapezoidal a la cántara. El vertido por fondo se realiza mediante los gánguiles de puertos o los de charnela.

Los gánguiles de puertos, llevan en el fondo una serie de portalones dispuestos en una sola fila o en dos filas.

El transporte de los gánguiles se hace por remolcadores o por propulsión propia. A veces se utilizan gánguiles de grandes dimensiones, que son barcos, con equipo de propulsión apropiada.



### 5.8.2. Elevadores

El vertido del producto se suele hacer generalmente por fondo desde las cántaras de dragas y gánguiles o directamente desde las tuberías de impulsión de las dragas a zonas adecuadas.

Pero a veces, el vertido de los productos no se hacen directamente sino que es necesario realizar mediante equipos adecuados que se llaman elevadores; estos equipos recogen el producto de la cántara de los gánguiles y lo colocan en tierra, bien hidráulicamente, bien mecánicamente.

Los tipos de elevadores que existen son hidráulicas y mecánicas. En el grupo de las mecánicas hay de rosario, de cuchara y de rueda.

#### 5.8.2.1. Elevadores hidráulicos

Hoy día son muy poco utilizados habiendo desaparecido prácticamente. Únicamente son interesantes las estaciones de reimpulsión.

##### — Estaciones de reimpulsión

En ciertos casos es conveniente impulsar el producto a mucha distancia del punto donde está situada la draga o elevar el producto a mucha altura.

En estos casos se usan las estaciones reimpulsoras que consisten en bombas intercaladas en la tubería y que trabajan en serie con respecto a la draga. De esta forma se consigue el envío a mayor distancia con la ventaja de que como no hay que elevar a mayor altura, se logra mayor distancia de impulsión.

Hay que tener en cuenta que la capacidad de la bomba de reimpulsión sea suficiente para el caudal que le envía la draga. Estas bombas suelen estar movidas por electricidad o grupos motores y su potencia depende de la distancia de reimpulsión.

##### — Elevadores mecánicas

Se usan relativamente poco y sólo en casos especiales, como materiales que no pueden elevarse hidráulicamente o bien cuando por cualquier causa no es posible evacuar los productos nada más que por medio de vagones o trenes.

## **5.9. TRANSPORTE DE MAQUINARIA DE DRAGADOS.**

### **5.9.1. Transporte marítimo**

Son embarcaciones preparadas para limpiar el fondo de los puertos y vías navegables interiores que quedarían cenagados por la acumulación de sedimentos y arenas. Los dragados se llevan a cabo con fines de construcción o de conservación; los de construcción se realizan cuando es preciso crear o aumentar la profundidad necesaria para la flotación de los buques en puertos o canales; los de conservación tienen por objeto mantener los calados neutralizando la acción de los aterramientos producidos por corrientes, marejadas o vertidos de cualquier clase de caudal sólido que obligan a realizar servicios de limpieza repetidamente.

La mayoría de las dragas que hay en hoy día son dragas autopropulsadas, pero también hay dragas que se transportan por remolcador

El tipo de suelo a ser dragado define el tipo de draga que debe utilizarse, los rendimientos a obtener con los equipos elegidos para realizar el dragado, las condiciones de transporte y otros aspectos fundamentales. Dado el alto valor de los equipos de dragado queda así definida la mayor parte de los costos de las obras.

#### **5.9.1.1. Documentaciones y certificados necesarios el caso de los remolcadores o barcazas**

- A. Cada una de las unidades de barcazas y/o remolcadores de empuje deberán cumplir con todos los requerimientos exigidos por la reglamentación aplicable, así como con los requerimientos del país de su registro y del estado con jurisdicción sobre las aguas por las que navega; sin perjuicio de lo cual, cumplirán además con éstos Requerimientos. Cada unidad deberá poseer certificados estatutarios originales
- B. Todos los remolcadores y barcazas deberán estar clasificados en una Sociedad de Clasificación del IACS (International Association of Clasificacion Societies).
- C. Cada verificación de sistemas o equipos de a bordo deberá contar con el certificado válido respectivo emitido por la organización que lo haya probado.

El remolcador debe cumplir con el número de tripulantes y categoría de acuerdo con su Certificado de Dotación Mínima de Seguridad asegurando su explotación operativa, y en cualquier caso el remolcador debe tener enrolados un Capitán Fluvial, un Jefe de Máquinas y un Oficial de Cubierta.

El Armador deberá tener un procedimiento que defina cual/es miembro/s de la tripulación se ocupará/n de las tareas pertinentes a las operaciones de carga, bombeo y descarga, quedando la responsabilidad sobre el particular en manos del Capitán o Patrón de la embarcación.

#### **5.9.1.2. Disposiciones**

Para el transporte de las dragas se tratan como buques normales (barcos), así que para su transporte hay algunas normas que pone el ministerio de fomento con la marina mercante.

La escala de los buques en los puertos de interés general es solicitada por sus agentes consignatarios con la antelación y en la forma requerida por las respectivas Autoridades Portuarias, pero la competencia para autorizar la entrada y salida de los buques en aguas sobre las que España ejerce soberanía, derechos soberanos o jurisdicción, corresponde, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 88.3, a), de la Ley 27/1992, de 24 de noviembre, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, a las Capitanías Marítimas, sin perjuicio de las preceptivas autorizaciones previas que puedan corresponder a otras autoridades. Además, los requisitos que deben cumplimentarse ante las Autoridades Marítimas para la salida de puerto han sido determinados por la Orden de 18 de enero de 2000 por la que se aprueba el Reglamento sobre Despacho de Buques. La facilitación del transporte marítimo y, más concretamente, la agilización de la estancia de los buques en puerto exigen la modernización y simplificación de los trámites ante las Administraciones marítima y portuaria. Por ello se establece un documento único de escala, que tiene como finalidad facilitar la gestión de las escalas de los buques por las Autoridades Portuarias y el despacho de los mismos por las Capitanías Marítimas, de acuerdo con el Real Decreto 772/1999, de 7 de mayo, por el que se regula la presentación de solicitudes, escritos y comunicaciones ante la Administración General del Estado, la expedición de copias de documentos y devolución de originales y el régimen de las oficinas de registro, y dar soporte a la autorización o, en su caso, prohibición de entrada de los buques en aguas en las que España ejerce soberanía, derechos soberanos o jurisdicción.

También, se desarrolla la posibilidad de la presentación de dicho documento único de escala y su aceptación por parte de las Autoridades Portuarias y Capitanías Marítimas mediante la transmisión electrónica de datos (EDI), utilizando para ello mensajes normalizados, de acuerdo con el Real Decreto 263/1996, de 16 de febrero, por el que se regula la utilización de técnicas electrónicas informáticas y telemáticas por la Administración General del Estado. En análogo sentido, el artículo 5 de la Orden de 18 de enero de 2000 ya prevé la posibilidad de aportar, mediante técnicas de tratamiento o de intercambio electrónico de datos, los documentos o datos exigibles o que puedan ser exigidos para el despacho de buques.

Además, se establecen, con el fin antes citado, los cauces de colaboración entre las Administraciones marítima y portuaria, previéndose la apertura de ventanillas únicas en las Autoridades Portuarias para la recepción del documento único de escala, el cual tendrá efecto para ambas Administraciones. La documentación obligatoria del despacho de buques que debe presentarse ante la Capitanía Marítima se realizará a través de la Autoridad Portuaria de acuerdo con las normas de colaboración en vigor entre la Dirección General de la Marina Mercante y el ente público Puertos del Estado. En síntesis, se trata de integrar en un solo procedimiento la tramitación de los documentos que han de presentar los agentes consignatarios de los buques civiles ante las Autoridades Portuarias y las Capitanías Marítimas.

Esta integración se realiza a través del número de escala que ya ha servido para coordinar a las Administraciones aduanera y portuaria en relación con los trámites aduaneros de las mercancías. Esta Orden se dicta en virtud de las competencias exclusivas sobre puertos de interés general y marina mercante atribuidas al Estado en el artículo 149.1.20.a de la Constitución, así como las atribuidas en el artículo 25 de la Ley 27/1992, de 24 de noviembre, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante. Asimismo, está amparada por la Ley 30/1992, de 24 de noviembre, y propugna actuaciones destinadas a facilitar la relación de los ciudadanos con las autoridades públicas, en análogo sentido que los Acuerdos del Consejo de Ministros de 23 de febrero de 1996 y de 4 de abril de 1997 sobre «ventanilla única».

- Los buques acogidos al despacho por tiempo no tendrán que cumplimentar los datos del documento único relativos a la declaración del Capitán, lista de tripulantes y datos adicionales de tripulantes para los buques que realicen línea regular de cabotaje insular; no obstante, la Autoridad Portuaria informará de la solicitud de la escala a la Capitanía Marítima.
- Las Autoridades Portuarias, en el caso de buques con escalas periódicas, podrán acordar el otorgamiento de números de escala por periodos temporales mediante la presentación de un único DUE.

#### **5.9.1.3. Modelo de documento único de escala**

- Modelo: Se aprueba el documento único de escala, abreviadamente DUE, que deberá ajustarse al modelo del anexo I de esta Orden. El citado modelo deberá ser cumplimentado de acuerdo con las instrucciones contenidas en dicho anexo.
- Presentación en papel: Para su presentación deberá utilizarse papel con formato 210 × 297 milímetros, con un margen máximo de error en su longitud de menos de cinco milímetros o más ocho milímetros y con la calidad necesaria para que quede garantizada su integridad y conservación.

- El documento deberá cumplimentarse de forma legible e indeleble. No deberá contener ni raspaduras ni sobrescritos que no estén debidamente salvados.
- Presentación mediante transmisión electrónica de datos: El documento único de escala podrá ser presentado mediante transmisión electrónica de datos previa autorización de la Autoridad Portuaria correspondiente. El mensaje electrónico a utilizar será el identificado como BERMÁN (Berth Management) creado por el Grupo de Transporte D4 al amparo de la normativa de intercambio electrónico de datos para la Administración, el Comercio y el Transporte (syntaxis UN/EDIFACT).
- Procedimiento para la obtención de la autorización de transmisión electrónica de datos: Los declarantes que estén interesados en la presentación vía EDI del documento único de escala tendrán en cuenta lo siguiente:

- Solicitud y autorización: El declarante deberá presentar una solicitud, dirigida a la Autoridad Portuaria del puerto en el que vayan a hacer escala los buques por ellos consignados. La solicitud contendrá los datos significativos del interesado, la descripción de las instalaciones informáticas de que disponga y del procedimiento de comunicación a utilizar.

La Autoridad Portuaria remitirá copia de dicha solicitud a la Capitanía Marítima y se establecerá una fase de pruebas durante la cual el declarante presentará el documento único de escala en papel, pudiendo presentarse vía fax, y vía EDI, utilizando, para ello, un número provisional de autorización que le será asignado. Finalizada la fase de pruebas, el declarante recibirá, en su caso, la autorización definitiva de la Autoridad Portuaria, que constatará la conformidad de la Capitanía Marítima. La Autoridad Portuaria comunicará a la Capitanía Marítima la resolución del expediente de autorización.

- Firma: En la autorización se otorgará el código de identificación del declarante. La utilización de este código en la transmisión vía EDI del documento único de escala, producirá los mismos efectos jurídicos que la firma manuscrita del titular de la autorización, el cual responderá de cualquier uso o abuso que pueda hacerse de dicha autorización, así como de la exactitud de todos los datos transmitidos con su código y desde el buzón autorizado.



#### 5.9.1.4. Presentación del documento único de escala.

- Lugar de presentación: El documento único de escala deberá presentarse en la Autoridad Portuaria con, al menos, veinticuatro horas de antelación a la hora prevista de llegada del buque a aguas portuarias, salvo en caso de emergencia u otras circunstancias excepcionales debidamente motivadas, que se comunicarán a la mayor brevedad posible.
- Presentación en papel: La presentación del documento único de escala en papel se realizará ante la Autoridad Portuaria, pudiendo presentarse vía fax. En ella se comprobará que ha sido cumplimentado y firmado por el declarante y se acusará recibo de la solicitud, asignando número de escala, de acuerdo con el modelo que figura en el anexo II.

La Autoridad Portuaria lo transmitirá electrónicamente y con carácter inmediato a la Capitanía Marítima y al ente público Puertos del Estado. La «lista de tripulantes», la «lista de pasajeros» y los «datos adicionales de tripulantes para los buques que realicen línea regular de cabotaje insular» podrán ser digitalizados o escaneados para su transmisión.

Puertos del Estado remitirá con carácter inmediato a la Dirección General de la Marina Mercante la información recibida. A tales efectos, dicho ente público habilitará los medios necesarios para facilitar dicha información.

- Presentación vía EDI: En los supuestos de presentación vía EDI, el mensaje será enviado al buzón de la Autoridad Portuaria donde se efectuará un primer control informático, devolviendo un mensaje de rechazo al emisor cuando no haya superado la validación. Superada ésta, se asignará número de escala, se remitirá al solicitante un mensaje estructurado de acuse de recibo con el contenido del anexo II y se procederá con carácter inmediato al reenvío, vía telemática, de la información del mensaje a la Capitanía Marítima y Puertos del Estado. A partir de ese momento, la escala será identificada por su número y todas las modificaciones o cancelaciones habrán de referirse a él.

Puertos del Estado remitirá con carácter inmediato a la Dirección General de la Marina Mercante la información recibida.

El declarante recibirá a través de la Autoridad Portuaria, y también vía EDI, las respuestas de ambas Administraciones identificando en todo momento si es una o la otra quien da dicha respuesta.

- Actuaciones de las Administraciones portuaria y marítima: La Capitanía Marítima comunicará a la Autoridad Portuaria, para su posterior notificación al consignatario del buque, la autorización o denegación y sus motivos, para la entrada y salida del buque en aguas situadas en zonas en las que España ejerce soberanía, derechos soberanos o jurisdicción. Todo ello de acuerdo con la normativa vigente y, en especial, con la reglamentación que regula el funcionamiento de los servicios portuarios y policía del puerto, y con el Reglamento sobre Despacho de Buques
- Asignación de atraque: La Autoridad Portuaria asignará atraque, si procede, conforme al modelo previsto en el anexo III, y lo transmitirá al declarante, salvo casos excepcionales, y siempre y cuando no haya denegación expresa por parte de la Capitanía Marítima de acuerdo con sus competencias.

#### **5.9.1.5. Contenido**

El documento único de escala contiene toda la información necesaria para la gestión de la escala por parte de la Autoridad Portuaria y el despacho por parte de la Capitanía Marítima: consta de información sobre el propio documento, el buque, su agente consignatario, la escala, la tripulación, la declaración de su capitán, las mercancías peligrosas, los residuos y la estancia del buque en puerto; además, tiene cuatro apéndices y la posibilidad de añadir información sobre la estancia del buque cuando solicita varios atraques o puestos de fondeo.

#### **5.9.1.6. Declarante.**

El agente consignatario del buque o, en su defecto, la compañía naviera o el capitán del buque son los obligados a presentar el documento único.

Los supuestos de cesión de consignación durante la estancia del buque en puerto podrán tramitarse por medio del documento único de escala. Para ello, tanto la aceptación del cesionario como la previa notificación del cedente serán indicadas mediante la modificación de los datos correspondientes de atraque/fondeo del documento único de escala e indicación en el apartado de «Observaciones».

El supuesto de renuncia de consignación durante la estancia del buque en puerto también podrá tramitarse ante la Autoridad Portuaria por medio del documento único de escala mediante inserción de la nota correspondiente en el apartado de «Observaciones» y la declaración expresa mediante el mensaje de renuncia de consignación.

En ambos casos, la recepción de los documentos mencionados a través de la Autoridad Portuaria no hará efectiva la cesión o la renuncia de la consignación respecto de las -

Autoridades Portuaria y Marítima hasta que no se hayan satisfecho las deudas pendientes devengadas hasta el momento de las respectivas comunicaciones.

#### 5.9.1.7. Plazo, efectos y rectificaciones del documento único de escala

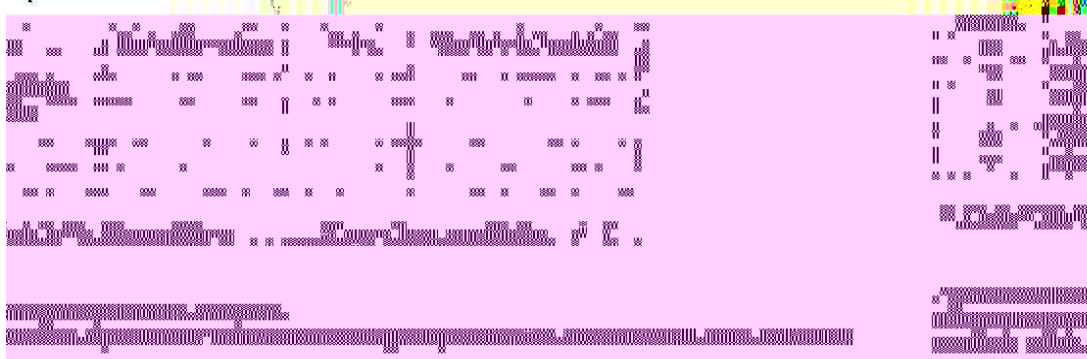
- El documento único de escala podrá presentarse ante la Autoridad Portuaria en cualquier momento, cuando se haga vía EDI, y en los horarios establecidos por la misma, cuando se presente en papel. Sus modificaciones podrán realizarse de acuerdo con lo establecido en la disposición final primera.
- La asignación de atraque conlleva la autorización de entrada en puerto otorgada por la Autoridad Portuaria y la autorización de entrada en aguas en las que España ejerce soberanía, derechos soberanos o jurisdicción.

La tramitación del documento único de escala ante la Autoridad Portuaria permitirá obtener, en su caso, a los agentes consignatarios de los buques los servicios de la Autoridad Portuaria y la autorización de salida de los buques con la reproducción del sello y firma de la Capitanía Marítima, siempre y cuando éstas dispongan de la información requerida en plazo y forma establecidos por medio del documento único de escala, y por cualquier modificación a éste, para actualizar o incorporar dicha información. La autorización de salida se otorgará conforme al modelo que figura en el anexo IV.

#### Datos adicionales de tripulantes y notificación de residuos

Nº	Apellidos y nombre	Jornada de trabajo (TT) Descanso diario (DD) (cómputo en horas)		Fecha del último embarque (FUE) Fecha del último desembarque (FUD)		Seguridad Social del País o Compañía Aseguradora
		TT	DD	FUE	FUD	

#### Apéndice 3: Notificación de residuos (RD 438/1994)



## Documento único de escala

### ANEXO I

 <b>Ministerio de Fomento</b> Dirección General de Marina Mercante Capitanía Marítima de	<b>DOCUMENTO ÚNICO DE ESCALA</b> <b>DUE</b> en el puerto de: _____	AUTORIDAD PORTUARIA DE 

(indicar con una X las nuevas escalas con los posibles puestos de fondeo o atraque/fondeo solicitados, y, en el caso de bajas o modificaciones de escalas y de nuevas altas, modificaciones o bajas de puestos solicitados, identificarlos previamente por sus números correspondientes)

Nº de escala <sup>2</sup>	Nueva escala	Modificación datos escala	Anulación escala	Despacho de Salida
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Despacho por tiempo

Capitanía Marítima de (puerto):	Fecha:	Período (meses):
---------------------------------	--------	------------------

Consignatario/Declarante

Nombre	NIF	Cía Naviera/Armador consignado
--------	-----	--------------------------------

Buque

Nombre	Bandera <sup>4</sup>	Número OMI
--------	----------------------	------------

Escala

PTA <sup>3</sup>	Puerto anterior	Línea regular	Nº de viaje	Afecto a navegación internacional?	Autorizado cabotaje
EID	Puerto siguiente	Nº certificado	Afecto a navegación internacional?	SI/NO <input type="checkbox"/>	SI/NO <input checked="" type="checkbox"/>

Tripulación

Capitán	A la entrada	Nº tripulantes	Pasaje <sup>5</sup> SI/NO	Nº polizones
	A la salida	Nº tripulantes	Pasaje <sup>5</sup> SI/NO	Nº polizones

(Lista de tripulantes en el anexo 2, salvo que el buque esté sujeto a "despacho por tiempo", y no haya habido ningún cambio desde la última escala)

Declaración del Capitán

El Consignatario/Declarante MANIFIESTA que, en su poder, obra copia en la que el Capitán ha declarado que es cierta la lista de tripulantes y que todos los Certificados y documentos que deben existir a bordo en cumplimiento de los Convenios SOLAS 74/78, MARPOL 73/78, Memorandum de Entendimiento para el Control del Buque por el Estado del Puerto (MOU-PSC), y los demás Certificados y documentos que puedan ser exigidos legalmente en función del tipo o clase de buque, se encuentran a bordo y en vigor y su validez se extiende, como mínimo, hasta la fecha de llegada al próximo puerto de destino; estos documentos y certificados, al igual que dicha declaración estarán a disposición de la Autoridad Marítima, en cualquier momento en que sean requeridos; además, en esta declaración el Capitán se compromete a no efectuar viaje no autorizado por la Administración Marítima Española de acuerdo con la legislación vigente. En caso contrario, el Consignatario SE COMPROMETE a recabar la documentación anterior durante la escala del buque en Puerto.

¿Transporta Carga de Frío, FUEL o Alquitrán?

SI/NO

(Declaración Obligatoria por razones Medioambientales)

Mercancías peligrosas (mmp)<sup>6</sup>

¿Lleva a bordo mmp en tránsito?	SI/NO <input type="checkbox"/>	Existe acuerdo para la recogida y notificación de residuos generados a bordo con la empresa recogedora autorizada _____ en el puerto <sup>1</sup> _____.
¿Va a descargar mmp?	SI/NO <input type="checkbox"/>	
¿Va a cargar mmp?	SI/NO <input type="checkbox"/>	

Datos adicionales de la escala:

¿Acuerdo Comercial? SI/NO <input type="checkbox"/>	¿Green Award? SI/NO <input type="checkbox"/>	¿Entrada en Festivo (Regla 5ª -T1)? SI/NO <input type="checkbox"/>
--	--	--

Estadía: atraque/fondeo 1\*

Exención practicable SI/NO <input type="checkbox"/>	Puesto de atraque/fondeo <sup>7a</sup> _____	Calado <sup>1</sup> : llegada _____ m
	Forma de atraque/fondeo <sup>12</sup> _____	salida _____ m
Inicio ocupación <sup>8</sup> ____/____/____	Estancia prolongada <sup>14</sup> SI/NO <input type="checkbox"/>	Actividad <sup>15</sup> _____
Desocupación <sup>9</sup> ____/____/____		

Detalle de operaciones de tráfico mercantil<sup>16</sup>

Tipo op. <sup>17</sup>	Pasaje/carga <sup>18</sup>	Tipo ud. <sup>19</sup>	Cantidad	P.máx/ud. <sup>20</sup>	Lugar des/pre-embarque <sup>21</sup>	Cía. Esbadora <sup>22</sup>

Carga/descarga	Identif. rampas y medios manipulación <sup>23</sup>	Propiedad <sup>24</sup>	Suministros	Retirada de residuos
Comienzo ____/____/____			Agua SI/NO <input type="checkbox"/>	Lastre sucio SI/NO <input type="checkbox"/>
Finalización ____/____/____			Hielo SI/NO <input type="checkbox"/>	Fangos SI/NO <input type="checkbox"/>
			Fuerza SI/NO <input type="checkbox"/>	Sentinas SI/NO <input type="checkbox"/>
			Luz SI/NO <input type="checkbox"/>	Fecales SI/NO <input type="checkbox"/>
			Combustible SI/NO <input type="checkbox"/>	Basura SI/NO <input type="checkbox"/>
Firma <sup>25</sup> : _____	Fecha: ____/____/____	Sello: _____		
Observaciones: _____				



## Ficha técnica

### Apéndice 1: Ficha técnica

<b>A. Datos complementarios de identificación</b> Señal distintiva <sup>25</sup> ..... Domicilio Naviero ..... u Operador consignado ..... del buque <sup>27</sup> ..... Lugar/Puerto de registro ..... Sociedad de Clasificación ..... Cia. Aseguradora (seg. cascos) ..... Club P&I (resp. civil) .....		Altura arboladura ..... Potencia ..... Vel. crucero/carga ..... Vel. máxima/lastre ..... Doble casco ..... SBT <sup>29</sup> ..... volumen ..... ud ..... Hélices: nº ..... situación ..... Rampas <sup>30</sup> : nº ..... 1 2 3 4 ..... situación ..... alcance ..... anchura .....		<b>D. Datos documentales</b> Certificado de arqueo ..... Libro de registro ..... <b>E. Inspección MOU/PSC ampliada obligatoria en últimos doce meses</b> ¿Efectuada? SI/NO ..... En caso afirmativo: Último puerto de inspección ..... Fecha última de inspección ..... Nº deficiencias pendientes .....	
<b>B. Datos técnicos</b> Fecha construcción ..... / / ..... Tipo <sup>38</sup> ..... Calado máximo ..... GT ..... TPM ..... Eslora total ..... Manga ..... Puntal .....		<b>C. Datos capacidad almacenamiento de residuos <sup>31</sup></b> Lastre sucio ..... Tanques de fangos y decantación ..... Tanques de aguas oleosas de sentinas ..... Aguas sucias ..... Basuras .....		<b>F. Observaciones</b> ..... ..... .....	

### Texto del Apéndice 2: Lista de Tripulantes y Pasajeros

#### LISTA DE LA TRIPULACIÓN OMI

Llegada <sup>32</sup>		Salida <sup>32</sup>		Nº de página	
1. Nombre del buque		2. Puerto de llegada/salida		3. Fecha de llegada/salida	
4. Nacionalidad del buque		5. Puerto de procedencia		6. Clase y número del documento de identidad (pasaporte del marino) <sup>34</sup>	
7. Nº	8. Apellidos y nombre	9. Grado o <sup>33</sup> funciones	10. Nacionalidad <sup>1</sup>	11. Fecha y lugar <sup>1</sup> de nacimiento	

10. Fecha y firma del capitán, el agente u oficial autorizado

#### LISTA DE PASAJEROS OMI

Llegada <sup>32</sup>		Salida <sup>32</sup>		Nº de página	
1. Nombre del buque		2. Puerto de llegada/salida		3. Fecha de llegada/salida	
4. Nacionalidad del buque					
5. Apellidos y nombre	6. Nacionalidad <sup>3</sup>	7. Fecha y lugar <sup>1</sup> de nacimiento	8. Puerto de embarque	9. Puerto de desembarque	

10. Fecha y firma del capitán, el agente u oficial autorizado



## Hoja complementaria

Hoja complementaria ... de ...

Nº de escala*
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

### Consignatario

Nombre .....	NIF .....
--------------	-----------

### Buque

Nombre .....	Bandera*	Distintivo llamada .....
--------------	----------	--------------------------

Estadía: atraque/fondeo ☐

Nueva estadía/Modificación/Reemplazo/Cancelación ☐ (rellenar con NMR o C según proceda)

Exención practicante SI/NO <input type="checkbox"/>	Puerto de atraque/fondeo <input type="text"/>	Calado: llegada m
Inicio ocupación .....	Forma de atraque/fondeo .....	salida m
Desocupación .....	Estancia prolongada SI/NO <input type="checkbox"/>	Actividad .....

### Detalle de operaciones de tráfico mercantil

Tipo op	Pasaje/carga	Tipo ud	Cantidad	P.max/ud	Lugar des. pre-embarque	Cia. Estibadora

Carga/descarga	Identif. rampas y medios manipulación	Propiedad	Suministros	Retirada de residuos
Comienzo .....			Agua SI/NO <input type="checkbox"/>	Lastre sucio SI/NO <input type="checkbox"/>
Finalización .....			Hielo SI/NO <input type="checkbox"/>	Fangos SI/NO <input type="checkbox"/>
			Fuerza SI/NO <input type="checkbox"/>	Seminas SI/NO <input type="checkbox"/>
			Luz SI/NO <input type="checkbox"/>	Fecales SI/NO <input type="checkbox"/>
			Combustible SI/NO <input type="checkbox"/>	Basura SI/NO <input type="checkbox"/>

Estadía: atraque/fondeo ☐

Nueva estadía/Modificación/Reemplazo/Cancelación ☐ (rellenar con NMR o C según proceda)

Exención practicante SI/NO <input type="checkbox"/>	Puerto de atraque/fondeo <input type="text"/>	Calado: llegada m
Inicio ocupación .....	Forma de atraque/fondeo .....	salida m
Desocupación .....	Estancia prolongada SI/NO <input type="checkbox"/>	Actividad .....

### Detalle de operaciones de tráfico mercantil

Tipo op	Pasaje/carga	Tipo ud	Cantidad	P.max/ud	Lugar des. pre-embarque	Cia. Estibadora

Carga/descarga	Identif. rampas y medios manipulación	Propiedad	Suministros	Retirada de residuos
Comienzo .....			Agua SI/NO <input type="checkbox"/>	Lastre sucio SI/NO <input type="checkbox"/>
Finalización .....			Hielo SI/NO <input type="checkbox"/>	Fangos SI/NO <input type="checkbox"/>
			Fuerza SI/NO <input type="checkbox"/>	Seminas SI/NO <input type="checkbox"/>
			Luz SI/NO <input type="checkbox"/>	Fecales SI/NO <input type="checkbox"/>
			Combustible SI/NO <input type="checkbox"/>	Basura SI/NO <input type="checkbox"/>





Ministerio de Fomento  
Dirección General de la Marina Mercante

Capitanía Marítima de (España)  
The Maritime Authority of (Spain)

(Dirección)  
(nº de fax)  
(nº de teléfono)

ANEXO IV  
**SHIP'S CLEARANCE**

La Capitanía Marítima de (España), ha despachado el siguiente buque:  
The Maritime Authority of (Spain), has cleared the following vessel:

Nombre del buque: \_\_\_\_\_  
Name of vessel: \_\_\_\_\_

Bandera: \_\_\_\_\_ Puerto de Registro: \_\_\_\_\_ GT: \_\_\_\_\_  
Flag: \_\_\_\_\_ Port of Registry: \_\_\_\_\_ GT: \_\_\_\_\_

Nombre del Capitán: \_\_\_\_\_ Nacionalidad: \_\_\_\_\_  
Name of Master: \_\_\_\_\_ Citizenship: \_\_\_\_\_

Cargamento: \_\_\_\_\_  
Cargo: \_\_\_\_\_

Para el puerto de: \_\_\_\_\_ País: \_\_\_\_\_  
Next port of call: \_\_\_\_\_ Country: \_\_\_\_\_

Fecha de salida: \_\_\_\_\_ Hora de salida prevista: \_\_\_\_\_  
Date of Departure: \_\_\_\_\_ Expected Time of Departure: \_\_\_\_\_

Observaciones:  
Remarks:

En \_\_\_\_\_, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
EL CAPITÁN MARÍTIMO  
(P.D.)  
For the MARITIME AUTHORITY

(Sello y firma)  
(Stamp and signature)

Fecha y Hora de emisión:  
Date & Time issued:

Certificado N°:  
Ship's Clearance Certificate No:



## 5.10. UN EJEMPLO DE TRANSPORTAR UNA DRAGA DE TAMAÑO PEQUEÑO

Un ejemplo de una draga es la draga Watermaster, que es una draga de pequeño tamaño que podemos transportarla por mar y/o carretera. *Tiene algunas propiedades como:*

- **Aplicaciones ideales para nuestra draga de múltiples funciones**
  - Dragado de corte y succión y retroexcavación en ríos, canales, puertos, lagos y aguas costeras.
  - Dragado de áreas con tráfico fluvial
  - Dragado de áreas donde es difícil o imposible operar con otras máquinas (áreas abnegadas, aguas poco profundas, costas, piletas industriales, debajo de puentes, túneles, etc.).
  - Donde es necesaria una draga versátil, la cual puede tanto bombear como excavar.
  - Donde no es viable movilizar varias máquinas para ejecutar el trabajo (dragas corte y succión, retroexcavadoras, remolcadores, guinches).
  - Donde es necesario el clavado de estacas en agua o en la orilla
  - Donde la vegetación crea problemas en la operación de dragas convencionales.
  - Donde es necesario en primer lugar remover la vegetación existente.

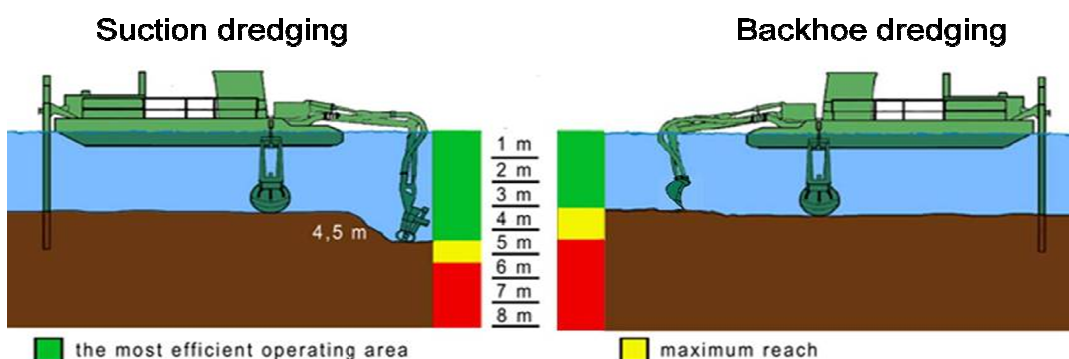


Figura 5.9. Draga Watermaster en acción.

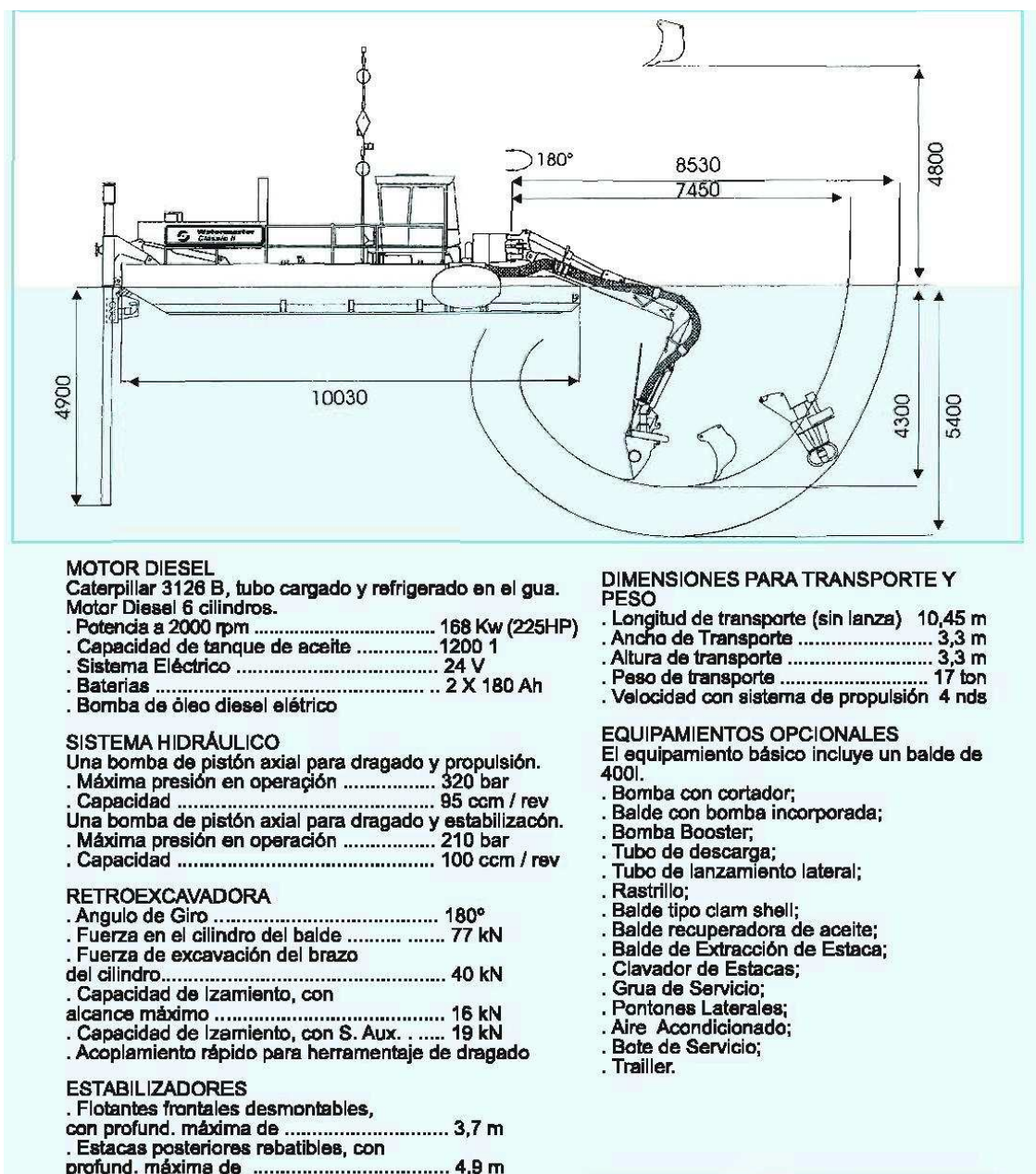


Figura 5.10. Características de la draga Watermaster



## A. Procedimiento del transporte de la draga por mar

### 1. Preparativos para el transporte marítimo en la fábrica

WaterMaster boom (brazo) se retira y se coloca en la cubierta. Esto ayuda a minimizar el transporte largo (y coste) en el barco. Ver las dimensiones de la draga para su transporte a continuación cuando boom se ha eliminado:

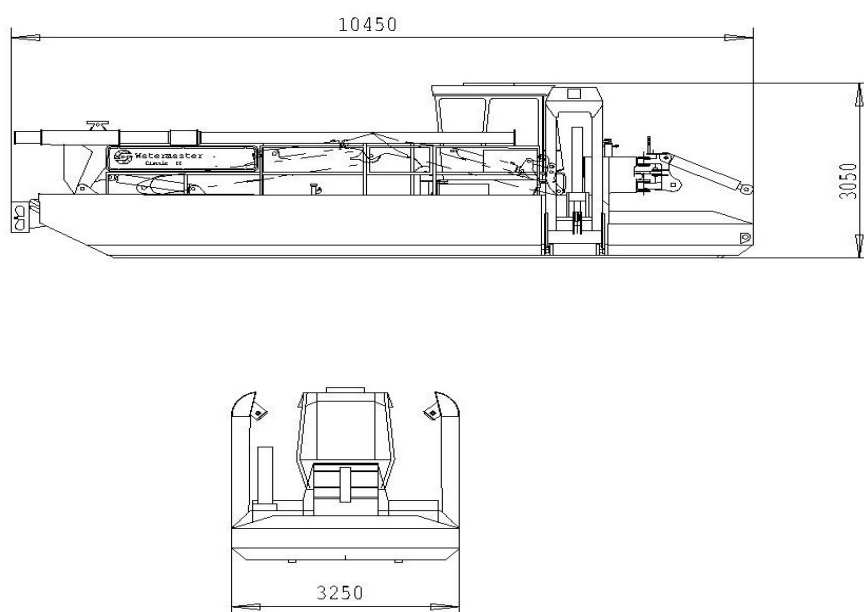


Figura 5.11. Dimensiones de la draga para su posterior transporte

### 2. Cargando en la fábrica

La draga se levanta en el camión con la grúa en casa de fábrica (20 toneladas de capacidad). Adecuadas para levantar objetos puntos se muestran en el siguiente dibujo.

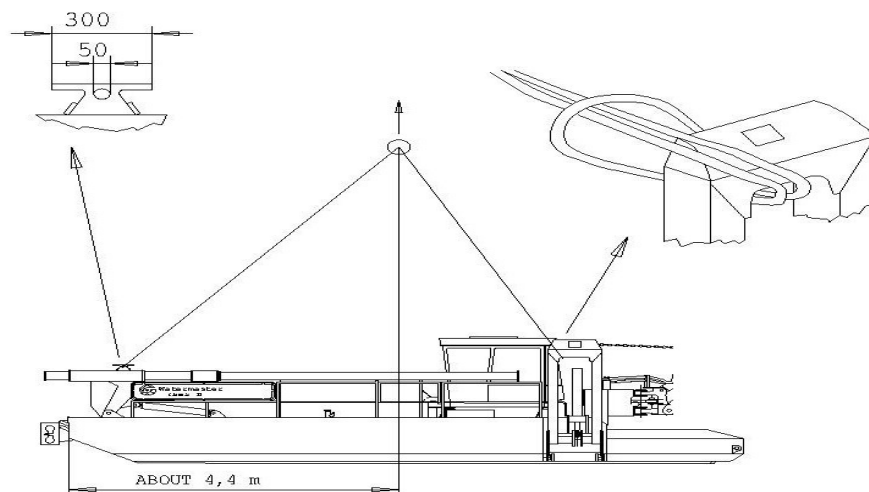


Figura 5.12. Levantamiento de la draga por grúa.

Después de su carga en camión, se lleva la draga al puerto de salida.



Figura 5.13. La draga en camino al puerto de salida transportada por un camión.

Los accesorios son cargados en un contenedor. Normalmente un envase de 40 pies es suficiente.



Figura 5.14. Los accesorios en un contenedor de 40 pies.

Un camión por separado transporta las unidades del contenedor cargado desde la fábrica hasta el puerto de salida.



Figura 5.15. Un camión lleva los accesorios al puerto de salida.

### 3. En el puerto de salida

La draga esté amarrada (colocado y atado) sobre una parrilla plana (contenedor abierto), y luego se coloca en el buque de contenedores.



Figura 5.16. La draga sobre la parrilla plana.

### 4. A su llegada al puerto de destino

A la llegada de la draga y los contenedores para los accesorios se descargan del buque, se estira de la parrilla plana en un remolque de plataforma baja para el transporte al

destino. Los accesorios del contenedor se estiran en un camión por separado para el transporte hasta el destino final.

## 5. Descarga en el destino final

La descarga de la draga en el destino final se realiza con grúa (20 toneladas).



Figura 5.17. La forma de descargar la draga en el destino final.

## 6. El montaje

Después de llevar la draga al sitio donde se va a realizar el dragado, se hace el montaje de las piezas de la draga que dura aproximadamente 3 horas. Se lleva a cabo bajo la supervisión del entrenador y montadores y se necesita una grúa de 5 toneladas.

### B. Procedimiento del transporte de la draga por carretera

Se puede transportar esta draga por camión en carretera debido a su tamaño y su facilidad en el desmontaje y el montaje.

- **ANCHO DE TRANSPORTE:** Tiene un ancho de transporte de 3,25 metros y un peso de transporte de unas 18 toneladas.

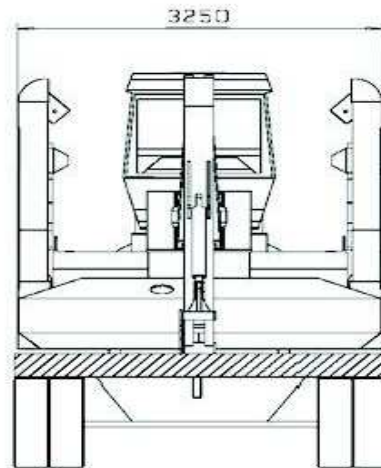


Figura 5.18. Ancho de transporte.

- JUMBOTRAILER (longitud 14 m, altura 3,05 m + altura del remolque)

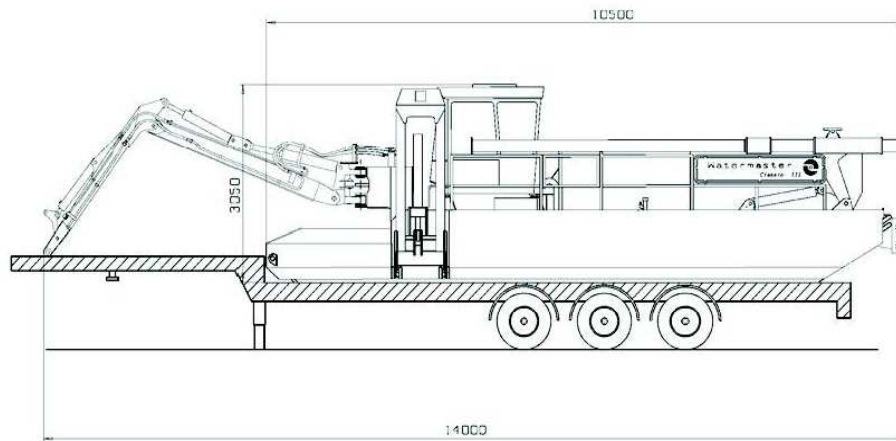


Figura 5.19. Medidas del Jumbotailer

- PISO TRAILER (longitud 14 m, altura 3,05 m + remolque altura)

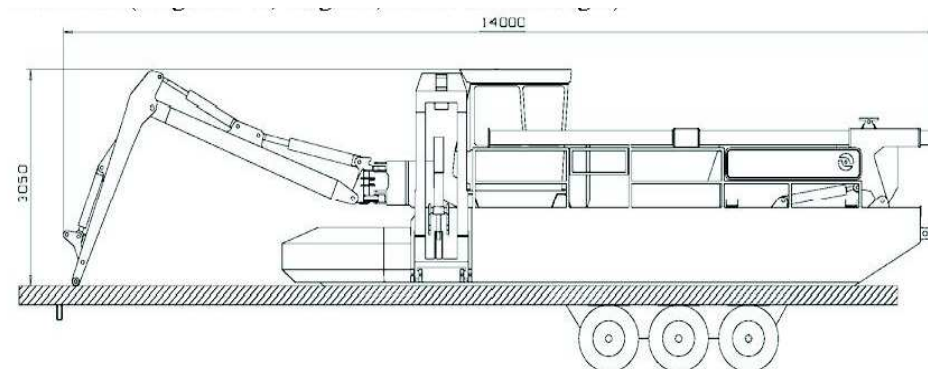


Figura 5.20. Medidas del piso del tráiler.

- PISO TARILER (longitud 12,65 m, altura 3,2 m + remolque altura)



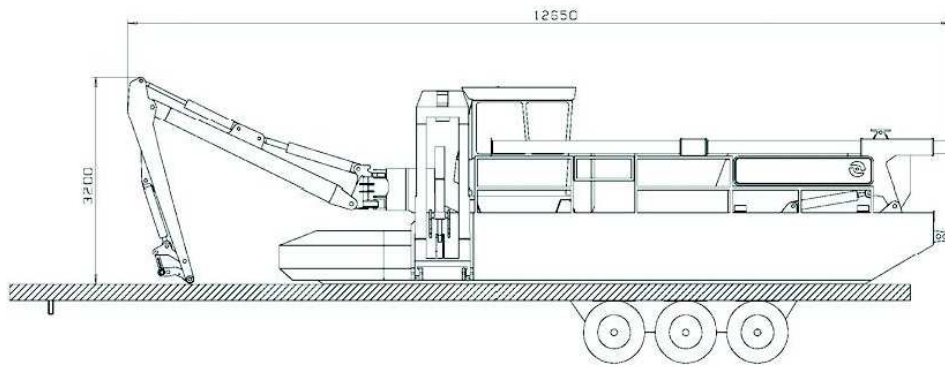


Figura 5.21. Medidas del piso tráiler.

- Se quita el brazo de la draga (longitud 10,05 m, altura 3,05 m + remolque de altura

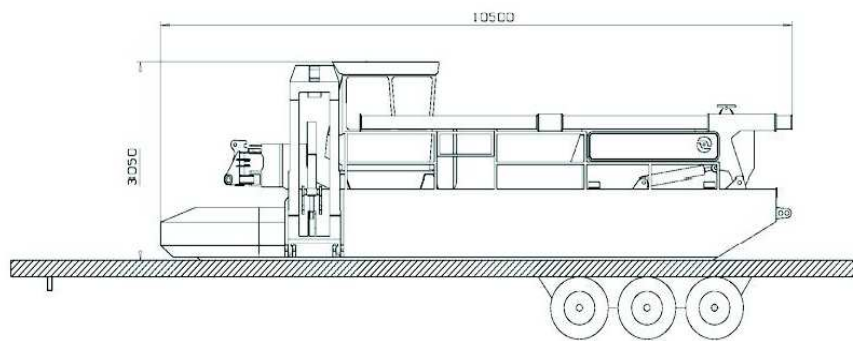


Figura 5.22. Medidas de la draga montada sin el brazo.

- FIJACIÓN DE LA MÁQUINA DE REMOLQUE, el conductor debe tener alta resistencia de fijación cadenas + apretar los gatos, y también pesados cinturones de sujeción del cinturón de apriete + gatos.



Figura 5.23. La draga montada y fijada.



Figura 5.24. La fijación del brazo de la draga.

- TRAILER DE LOS ACCESORIOS: La anchura y la altura pueden ser normales, y la longitud de 10 metros o más.



Figura 5.25. Los accesorios dentro del camión.



Figura 5.26. Los accesorios en el camión en camino a su destino final.



2010

## CAPÍTULO VI. ASPECTOS AMBIENTALES.



IYAD S T KHADER

DRAGADOS PORTUARIOS Y COSTEROS:  
UNA REVISIÓN CRÍTICA PARA EL GOLFO DE CÁDIZ  
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS.

## **VI. CONSIDERACIONES AMBIENTALES**

### **6.1. INTRODUCCIÓN**

El dragado y la descarga del material dragado pueden ser definidos como un proceso artificialmente inducido de erosión, transporte y deposición de los sedimentos. Este proceso tiene potencial para producir directa o indirectamente impactos negativos y positivos en el ambiente de las áreas de dragadas y las zonas de descargas del material dragado así como en áreas cercanas.

La meta de este capítulo del trabajo es, partiendo de una revisión bibliográfica, identificar, describir y analizar los posibles impactos negativos en los medios acuáticos durante y después del dragado y de la descarga del material dragado. Entre los objetivos que se buscan con este capítulo del trabajo son la identificación, descripción y análisis de los posibles impactos negativos producidos durante y después del dragado sobre la calidad del agua y sobre la vida acuática (flora y fauna), así como los posibles impactos negativos generados por el dragado y la descarga de sedimentos contaminados y los cambios físicos generados por el dragado, referido al dragado en el Golfo de Cádiz.

En años recientes, el aumento de las actividades de dragado ha sacado a la luz los efectos perjudiciales que dichos trabajos producen en el medio ambiente. En particular, se ha prestado una atención especial aquellos depósitos de material dragado desechables que se han generado durante la ejecución de las labores de dragado, principalmente sedimentos contaminados depositados en puertos.

Es conveniente recordar, a la hora de juzgar las operaciones de dragado, que dichas operaciones no sólo producen efectos potencialmente negativos en el medio ambiente, también se deben resaltar los numerosos beneficios que aportará una operación de dragado bien planeada y las numerosas posibilidades que ofrecen para usarse positivamente y mejorar el medio ambiente.

En este capítulo se analizan los aspectos ambientales y los elementos beneficiosos y perjudiciales de las operaciones de dragado, así como las medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales significativos.

### **6.2. EFECTOS PROVOCADOS POR LAS OPERACIONES DE DRAGADO**

En 1984, Murden recogió y agrupó los efectos potenciales de los dragados, tanto negativos como positivos, y las operaciones relacionadas con los mismos. Estos efectos agrupan según la naturaleza de la actividad:



- Dragado (excavación).
- Transporte del material.
- Vertido del material dragado en tierra.
- Vertido dragado en el agua.

Se puede hacer una subdivisión en cada uno de los grupos, en función de la durabilidad del efecto en el entorno, distinguiendo:

- Corta duración (se restringe al periodo de realización de las operaciones).
- Media duración.
- Larga duración.

A la hora de estudiar los impactos medioambientales es necesario examinar los siguientes aspectos:

- Zona de impacto.
- Tipo de impacto.
- Mediad del impacto
- Control del impacto (adoptando medidas necesarias para mitigarlo).

### **6.2.1. Efectos potencialmente negativos de las actividades de dragado**

#### **6.2.1.1. Interferencias de las operaciones de dragado con tráfico marítimo o fluvial**

Los equipos de dragado de tipo estacionaria entorpecen la navegación de resto de embarcaciones de la zona. Las tuberías flotantes también entorpecen la navegación, ya que las embarcaciones se ven obligadas a rodearlas para no colisionar con ellas, mientras que el uso de gánguiles para el transporte del material dragado provoca un aumento del tráfico marítimo en la zona.

Es un efecto inevitable, pero desaparece en el momento que concluyen los trabajos. Además se puede minimizar escogiendo el equipo de dragado y el sistema de transporte más adecuado en función de las condiciones de la zona y el entorno que rodea a la misma o bien realizando una regulación del tráfico.

#### **6.2.1.2. Ruido generado por la planta de dragado**

Todos los dispositivos de la planta producen un ruido considerable, sin embargo la mayoría de los equipos de dragado son bastante silenciosos y los niveles de ruido que generan son menores que otras actividades de construcción. La draga de rosario convencional es una excepción, ya que el nivel de ruido que se produce durante las -

labores de dragado es muy molesto, sin embargo las modernas dragas de rosario, han conseguido disminuir dicho nivel de ruido a valores prácticamente imperceptibles.

#### **6.2.1.3. Turbidez y suspensión de los sedimentos**

Las dragas provocan la suspensión de materiales sólidos en el agua durante los procesos de excavación y los procesos de vertido desde la cántara y los gánguiles, Figura 6.1.



**Figura 6.1. Draga de succión en marcha descargando el material dragado.**

#### **6.2.1.4. Erosión de la costa**

En ocasiones, dependiendo de la proximidad del área de dragado a la línea costera se provoca una aceleración en la erosión de la costa como consecuencia de los cambios que se pueden originar por la realización de trabajos en el régimen hidrodinámico. Cuando sobre una cierta zona se realiza operaciones de dragado, con asiduidad, transportando el material a largas distancias, se puede provocar una reducción del aporte de sedimentos necesarios para mantener la estabilidad de la costa correspondiente a dicha zona.

#### **6.2.1.5. Pesca**

En ciertas ocasiones, las actividades de dragado pueden perjudicar las actividades pesqueras o dañar los lugares de reproducción de los peces. La producción de flujo de material sólido en suspensión puede destruir los bancos de ostras próximas a las zona de trabajo. Aunque la fauna y flora marina es capaz de sobrevivir dentro de unas ciertas condiciones medioambientales, la exposición a condiciones extremas provoca su muerte y reducción de los índices de reproducción.

#### **6.2.1.6. Estancamiento**

Depende de los efectos que provoque la formación de depresiones en el fondo acuático, como las producidas al verter material en fondo del mar o del cauce fluvial. En casos muy severos pueden alterar las condiciones anaerobias de la zona.

#### **6.2.1.7. Demanda de oxígeno**

La turbidez generada y la resuspensión de sedimentos de materiales orgánicos o contaminados en la zona de trabajo y sus proximidades está frecuentemente relacionado con un importante incremento en la demanda de oxígeno de la zona. Cuando las operaciones de dragado se realizan en mar abierto, esta demanda no provoca efectos significativos, ahora bien, cuando las operaciones se realizan en lugares cerrados, como ríos o lagos, que no es nuestro caso, puede causar graves daños en la fauna y flora de la zona.

### **6.2.2. Efectos potencialmente beneficiosos de las operaciones de dragado**

#### **6.2.2.1. Sedimentos contaminados**

Los sedimentos contaminados se pueden remover y depositar en zonas seguras o bien se pueden tapar in situ utilizando materiales sin contaminar.

#### **6.2.2.2. Restauración de la costa**

Las operaciones de dragado son, frecuentemente, el método más económico para llevar a cabo la restauración de las playas del Golfo de Cádiz y sería conveniente que todo el material dragado desechado fuese utilizado para restaurar alguna zona que se encuentra a una distancia razonable del área de dragado. Además de los beneficios económicos, el uso de áridos marinos reduce el daño potencial que provoca la extracción y transporte de material del interior.

#### **6.2.2.3. Áridos**

El dragado es el mayor medio de aportación de arena y grava procedente del mar siendo utilizadas para la industria de la construcción, disminuyendo los impactos que causa la extracción de esos materiales en tierra firme.

#### **6.2.2.4. Protección de la costa**

Así como un proyecto de dragado mal planificado puede provocar la erosión de la costa, las operaciones de dragado también se pueden utilizar para incrementar la protección de

-la misma, realizando labores de restauración o bien construyendo dunas artificiales o elementos de protección como los diques.

#### **6.2.2.5. Calidad del agua**

Las actividades de dragado pueden incrementar el contenido en oxígeno del agua o liberar nutrientes atrapados en capas de sedimentos depositados en el fondo del mar.

### **6.3. LOS MATERIALES DRAGADOS CONTAMINADOS**

La mayoría de los efectos ambientales originados por las operaciones de dragado no son permanentes, ya que suelen estar relacionados con la ejecución de las tareas y se consideran admisibles siempre y cuando se adopten las medidas necesarias para intentar minimizarlos. Los efectos ambientales adversos de mayor duración que surgen como consecuencia de las labores de dragados son los relacionados con la toxicidad de algunas sustancias que, en ocasiones, se pueden encontrar en los sedimentos dragados.

Durante el último siglo y hasta hace pocos años, los ríos y los océanos recibían los residuos y basuras, generados por las ciudades o fábricas, sin ningún tipo de control por parte de los detractores, ya que el ahorro económico que suponía el despreocuparse de estos residuos superaba con creces cualquier daño futuro que pudiese sufrir el ecosistema. Hoy en día, a pesar del control siguen existiendo industrias que, actuando al margen de la ley, intenten desembarazarse de sus residuos de la forma más económica posible.

El método utilizado durante tantos años de despreocuparse del material contaminante ha convertido la mayoría de los grandes ríos no solo de España sino también de Europa en receptores de residuos sólidos y líquidos que contaminan el agua y los sedimentos.

Como resultado, los puertos situados en dichos ríos suelen tener serios problemas de contaminación de sus sedimentos. Dichos ríos trasladan hasta el mar parte del material contaminado, dicho material se puede depositar en zonas alejadas de la playa, donde el aumento de profundidad provoque una disminución de la velocidad de transporte y por tanto el asentamiento del mismo, inicialmente en suspensión. En estos casos, surgirá un grave problema si se draga, precisamente, la zona donde se ha depositado dicho material contaminado, con la intención de utilizar la arena extraída para restaurar una playa.

Los problemas que surgen en relación con los contaminantes no son responsabilidad directa de las operaciones de dragado, ya que dichos trabajos no aportan un aumento de sustancias tóxicas en la zona, el problema principal es que pueden modificar el estado inicial de los materiales de los materiales, tanto en la zona de dragado como en la de vertido, liberando ciertas sustancias contaminantes que hasta ese momento habían -

permanecido atrapadas dentro de las capas de sedimentos que ha decidido dragar. Hay que tener en cuenta que aproximadamente el 90-95% del volumen dragado en todo el mundo, no solo en el Golfo de Cádiz, es sedimento natural sin contaminar.

Aunque, es evidente que para paliar los problemas de las sustancias contaminantes lo lógico es la eliminación de las fuentes de origen, para periodos a medio o corto plazo habrá que aplicar los procedimientos de gestión medioambiental que se hayan estipulado para la manipulación de este volumen de material contaminado.

### 6.3.1. Principales grupos de contaminante

Las sustancias contaminantes que suelen encontrar en los sedimentos pueden clasificarse en los grupos que se ven reflejados en la tabla 6.1.

GRUPO	ELEMENTOS, SUSTANCIAS O COMPUESTOS
Metales	Mercurio, cadmio, plomo, arsénico, cobre, zinc, níquel, etc.
Microcontaminantes orgánicos	Bifenilos policlorados o policlorobifenilos (PCB)
	Organoclorados: aldrín, DDT, etc.
	Pesticidas o biocidas (insecticidas, herbicidas, fungicidas).
	Organofosforados: malathion, parathion.
	Compuestos nitrogenados: carbamatos, triazinas, etc.
	Tributilestaño (TBT).
	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH).
Petróleos	
Nutrientes	Compuestos de fósforo y nitrógeno.
Microorganismos patógenos	Bacterias, virus, hongos.
Sustancias radioactivas	

Tabla 6.1. Grupo de contaminantes más habituales del material dragado

## 6.4. LA LEGISLACIÓN MEDIOAMBIENTAL

Los dragados y las operaciones del transporte y el vertido del material deben estar sometidos algunos procedimientos de evaluación de impacto ambiental, el tratamiento que se le da en la legislación ambiental no está del todo claro.

La legislación española no aclara suficientemente el tratamiento que se debe dar a los proyectos de dragado. El real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de la EIA, solo incluye un Anexo I en el que se enumeran los proyectos que obligatoriamente.



Deberían someterse a Evaluación de Impacto Ambiental, entre los que no figuran los dragados.

La ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, sí incluye dos grandes grupos de proyectos, un es el Anexo I.

Y otro es el Anexo II, que sólo debería someterse a evaluación de impacto ambiental cuando así lo considera el órgano competente de medio ambiente, con respecto a los dragados incluye:

➤ *Anexo I*

*Grupo 2. Industria extractiva*

*c) Dragados*

1º Dragados fluviales cuando se realicen en tramos de cauces o zonas húmedas protegidas de acuerdo en Directiva 79/409/CEE y 92/43/CEE o en humedales incluidos en Convenio RAMSAR y cuando el volumen extraído sea superior a 20.000 m<sup>3</sup>/año.

2º Dragados marinos para la obtención de arena cuando el volumen a extraer sea superior a 3.000.000 de m<sup>3</sup>/año.

➤ *Anexo II*

*Grupo 3. Industria extractiva*

*d) Dragados marinos para la obtención de arena.*

La necesidad analizar los posibles efectos ambientales de los dragados se establece de forma más clara en la legislación portuaria española. La ley 27/1992, de 24 de Noviembre, de Puertos del Estado y Marina Mercante, entre las exigencias ambientales que incluye figuran, en relación con los dragados, las siguientes:

➤ *Artículo 21. Ampliación o modificación de puertos*

*3. Para la modificación o ampliación de puertos, podrán realizarse obras de dragado o de relleno con materiales de origen terrestre o marítimo que por su naturaleza, disposición final o aislamiento no den origen a procesos de contaminación que supera los niveles exigibles por la normativa aplicable de calidad de las aguas marinas.*

*4. Los dragados para la obtención de materiales que se realicen fuera de la zona interior de las aguas del puerto, con destino a rellenos portuarios, deberán ser -*

*autorizados por la Autoridad Portuaria, previo informe de la Capitanía Marítima y de la Dirección General de Costas.*

*Los vertidos de productos procedentes de obras portuarias de dragados deberán ser autorizados por la Autoridad Marítima previo informe de la Dirección General de Costas. Ambas solicitudes deberán ir acompañadas de los informes, análisis o estudios necesarios que permitan valorar los efectos de la actuación sobre la sedimentología litoral y la biosfera submarina, así como, en su caso, la capacidad de contaminación de los vertidos.*

➤ *Artículo 62. Obras de dragado*

*2. los proyectos de dragado portuario, incluso los ejecutados por la Autoridad Portuaria, incluirán un estudio de evolución de sus efectos sobre dinámica litoral y la biología marina, así como, cuando procede, sobre la posible localización de restos arqueológicos. Se solicitará informe de las Administraciones competentes en materia de pesca y arqueología. En el caso de que se produzca vertidos de productos de dragado fuera de la zona interior de aguas del puerto se estará a lo previsto en el artículo 21.4 de la presente ley.*

Los dragados fuera de la zona de servicios de los Puertos de interés general del Estado estaban prohibidos por la ley 22/1998, de 28 de julio, de Costas que establece:

➤ *Artículo 63*

*1. para otorgar las autorizaciones de extracción de áridos y dragado será necesario la evaluación de sus efectos sobre el dominio público marítimo terrestre, referido tanto al lugar de extracción o dragado como al de descarga, en su caso. Se salvaguardará la estabilidad de la playa, considerándose preferentemente sus necesidades de aportación de áridos.*

*2. Quedarán prohibidas las extracciones de áridos para la construcción, salvo para la creación y regeneración de playas.*

En este último punto supone la imposibilidad de realizar extracciones de áridos del fondo del mar para, rellenos portuarios, pues no era esa la intención del la ley sino con este artículo se trataba de proteger el litoral y reserva las arenas adecuadas para las playas para su regeneración, evitando así la extracción de arenas para su utilización como áridos para la construcción.

- La Directiva 75/442/CEE relativa a los residuos define como residuos cualquier sustancia u objetivo del cual se desprende su poseedor o tenga la obligación de desprenderse en virtud de las disposiciones nacionales en vigor.
- Y considera como residuos peligrosos los que figuran en la lista que se elaborará de acuerdo con el artículo 18.

La Decisión 2001/118/CE ha establecido una lista de Europea de Residuos se incluyen ciertos materiales de dragado, lodos de drenaje (lodos de dragado), los materiales de dragados incluidos en la lista son:

- Código 17.05.05. Lodos de drenaje que contienen peligros.
- Código 17.05.06. Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17.05.05.

La Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos define como vertedero `` un emplazamiento de eliminación de residuos que se destine al depósito de los residuos en la superficie o subterráneo``.

#### *Directiva 2000/CE Marco de aguas*

Las aguas portuarias quedan bajo el ámbito de aplicación de esta Directiva, posiblemente de la definición de `` masas de agua muy modificadas``, para las que el objetivo sea alcanzar un buen potencial ecológico y un buen estado químico en las aguas, sedimentos, biota. Es evidente que las operaciones de dragado y vertido pueden producir un deterioro de la calidad de las aguas.

### **6.5 EVALUCIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LAS OBRAS DE DRAGADO**

España no hay ningún puerto que draga más que 3.000.000 m<sup>3</sup>/año, entonces en principio todos los proyectos de dragado que incluyen la ley 6/2001, están incluidos en el Anexo II, y por ellos la ley señala que se introducirá `` un procedimiento que basándose en los criterios de selección que figuran en el anexo III, permita determinar si un proyecto del anexo II debe ser objeto de evaluación mediante un estudio caso por caso o mediante un umbrales o criterios fijados por los Estado miembros``.

Según la Ley 6/2001 deberá incluir un análisis de los Criterios de selección del Anexo III para que un proyecto del Anexo II deba someterse o no a procedimiento completo de evaluación de impacto ambiental, entre los que incluyen:

1. *Características de los proyectos*
  - a) Tamaño del proyecto.
  - b) Acumulación con otros proyectos.
  - c) Utilización de recursos naturales.

- d) Generación de residuos.
- e) Contaminación y otros inconvenientes.
- f) Riesgo de accidente, considerando las sustancias y tecnologías utilizadas.

## 2. *Ubicación de los proyectos*

- a) Uso existente del suelo.
- b) Relativa abundancia, calidad y capacidad regenerativa de los recursos naturales del área.
- c) Capacidad de carga de medio natural, con especial atención a las áreas siguientes:
  - ✓ Humedales.
  - ✓ Zonas costeras.
  - ✓ Reservas naturales y parques.
  - ✓ Áreas clasificadas o protegidas por la legislación del Estado o de las Comunidades Autónomas; área de especial protección designadas en aplicación de las Directivas 79/409/CEE y 92/43/CEE.
  - ✓ Área en que se han rebasado ya los objetivos de la calidad medioambientales establecidos en la legislación comunitaria.
  - ✓ Área de gran densidad demográfica.
  - ✓ Paisajes con significación histórica, cultural y/o arqueológica.

## 3. *características del potencial impacto*

Deben considerarse en relación con los criterios establecidos en apartados 1 y 2 y teniendo presente en particular:

- a) La extensión del impacto.
- b) El carácter transfronterizo del impacto.
- c) La magnitud y complejidad del impacto.
- d) La probabilidad del impacto.
- e) La duración, frecuencia y reversibilidad del impacto.

## 6.6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS DRAGADOS

Los proyectos del Anexo I y el de Anexo II deberán someterse a evaluación de impacto ambiental para lo cual el promotor tendrá que elaborar un estudio de impacto ambiental que contendrá al menos los siguientes datos, según se establece en el artículo 2 de la ley 6/2001.

### **6.6.1. Descripción general del proyecto y exigencias previsibles en el tiempo, en relación con la utilización del suelo y de otros recursos naturales. Estimación de los tipos y cantidades de residuos, vertidos y emisiones de materia o energía resultantes**

*En la descripción del proyecto es muy importante:*

1. Localización geográfica de la zona a dragar.
2. Volumen de material dragado.
3. Proceso de ejecución del dragado, medios a emplear, fases y plan de obra.
4. Características del medio preoperacional.
  - I. Medio físico.
  - II. Medio biótico.
5. El medio socioeconómico
  - I. Características de la población.
  - II. Características económicas.
  - III. Calidad de vida de las poblaciones.
  - IV. Industria pesquera y turística e importancia del puerto socioeconómico.

### **6.6.2. Una exposición de las principales alternativas estudiadas y una justificación de las principales razones de la solución adoptada, teniendo en cuenta los efectos ambientales**

En el caso de dragado de una dársena el área a dragar está perfectamente delimitada y también el calado por las características de los muelles y los buques que van a utilizarlos.

En los dragados para la obtención de materiales para rellenos portuarios hay que estudiarse alternativas como:

- Procedencia marina: puede existir distintos bancos marinos.
- Procedencia terrestre: distintas canteras.

*Impactos negativos en la explotación de canteras terrestres para la obtención de materiales del relleno para las explanadas portuarias:-*

- Impactos visuales y paisajísticos.
- Grandes consumos de energía para voladuras, trituración, transporte, etc.
- Contaminación atmosférica (polvo, gases) y acústica.
- Congestión de carreteras por los grandes camiones, riesgo de accidentes, etc.



### **6.6.3. Evaluación de los efectos previsibles directos o indirectos del proyecto sobre la población, la fauna, la flora, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el paisaje y los bienes materiales, incluido el patrimonio histórico artístico y el arqueológico**

El dragado de una zona marítima implica una modificación implica una modificación de los elementos naturales del fono, de las aguas y del entorno, por lo tanto se puede producir serie de impactos sobre el medio ambiente como:

- Impactos sobre la fauna y flora bentónica.
- Modificación de la geomorfología de los fondos marinos.
- Turbidez.
- Efectos sobre la hidrodinámica.
- Efectos sobre el patrimonio arqueológico.
- Efectos sobre el paisaje.
- Efectos económicos y sociales.
- Impactos producidos por los vertidos de materiales de dragado.

### **6.6.4. Medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales significativos**

*Medidas preventivas* son las que se implantan antes de ejecutar el dragado o durante el dragado para reducir o eliminar el impacto.

*Las medidas preventivas pueden ser:*

- Posicionamiento y balizamiento de las zonas de dragado y vertido:  
Hay que balizar la zona de extracción y de vertido para evitar efectos adicionales.
- Concentración de las actividades de dragado y vertido en espacios limitados:  
Hay que limitar las aéreas de dragados y vertidos con el fin de reducir la superficie de fondo marino afectada por las operaciones.
- Uso de dragas que reducen la resuspension del material fino:
  - ✓ Dragas con distintos tipos de control del agua de rebose.
  - ✓ Dragas de rosario especiales.
  - ✓ Dragas de disco.
  - ✓ Dragas de barrido Sweep (estacionaria).
  - ✓ Dragas ambientales de hélice.
  - ✓ Draga Screper.
  - ✓ Draga de cuchara ambiental.

- Instalaciones de barras físicas para reducir la dispersión de los finos en suspensión.
- Restricciones estacionales para el dragado:  
Es recomendable suspender las operaciones de dragado en las épocas de mayor utilización de las palayas o zonas de baño.

#### 6.6.5. Programas de vigilancia ambiental

Trata de verificar los impactos ambientales producidos y comprobar la eficacia de las medidas preventivas y correctoras mediante campañas de mediciones y controles de los distintos parámetros, durante y después de la ejecución de obra

*Los objetivos son:*

- ✓ Analizar las variaciones entre los impactos teóricos previstos y los que se producen durante la ejecución de la obra.
- ✓ Detectar la aparición de impacto no previsto, para aplicar nuevas medidas preventivas o correctoras.

Este programa contempla una serie de acciones e inspecciones de campo, y deberá constar de dos fases:

1. *Programa de vigilancia ambiental en fase de construcción.*

Contendrá las medidas y controles a ejecutar durante las operaciones de dragado y vertido y los criterios de calidad para detectar posibles efectos negativos, como:

- Seguimiento y control de las operaciones de dragado
- Control de la calidad del agua.
- Seguimiento periódico de las comunidades biológicas.
- Control de la zona de vertido.

2. *Programa de vigilancia ambiental en fase de explotación.*

Una vez terminadas las obras estos programas tienen por objeto comprobar que el dragado y el vertido realizado no generan impacto medioambiental

*Hay que comprobar:*

- Calidad de las aguas en la zona de dragado y vertido si los materiales de dragados estaban contaminados.
- Seguimientos batimétricos de las aguas de dragado y vertido, control de estabilidad de las playas cercanas.

- Seguimiento de los biotopos marinos,
  - I. Comprobar efectos de la sedimentación de los finos de lavado
  - II. Recuperación de biotopos marinos en la zona de dragado y vertido.

## 6.7. LOS CONVENIOS INTERNACIONALES DE PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO

### 6.7.1. Antecedentes

Hacia 1950 se empezaron a obtener evidencias científicas de que la contaminación marina se estaba convirtiendo en un serio problema ambiental. Por una parte la mayoría de los vertidos se producen cerca de la costa, donde se concentran la máxima productividad biológica y la mayoría de los usos legítimos del mar. Por otro lado, se empezaron a detectar concentraciones significativas de contaminantes artificiales (radioactividad, PCBs, etc.) en lugares muy alejados de la civilización.

La atención a causa del reclamo de los grupos ambientalistas se centró en principio en los casos de contaminación marina producida por los vertidos accidentales de hidrocarburos. Como consecuencia se adoptaron algunos convenios internacionales especialmente para ese tipo de problemas.

Después la preocupación se extendió a los posibles impactos de las sustancias radioactivas sobre la salud humana y la vida marina.

En Estocolmo el 6 de julio al 16 del mismo mes de 1972 se presentó una conferencia de los Derechos Humanos con el objetivo de crear unas bases para la comprensión de los problemas ambientales y atraer la atención de los gobiernos y de la opinión pública sobre la importancia de dichos problemas. Se produjo de allí con dos documentos finales, que son:

- Una Declaración, que contenía 26 principios.
- Un plan de Acción, compuesto por 109 recomendaciones.

De los 26 principios voy a explicar el principio 7 por su interés y por su particular importancia. En él se refleja la obligación de los estados de proteger el medio marino e incluye una definición de contaminación marina `` *Es la introducción directa o indirecta en el medio marino de sustancias o energía que produzcan efectos perjudiciales, tales como daños a los recursos vivos, peligros para la salud humana, obstáculo para las actividades marinas incluida la pesca, deterioro cualitativo del agua del mar y reducción de las posibilidades de esparcimiento* ``.

En 1982, la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar adoptó una definición de mayor alcance al sustituir la palabra “*produzcan*” por la frase “*produzcan o puedan producir*”.

Gracias a la Conferencia de Estocolmo, se adoptaron muchos Convenios Internacionales de Protección del Medio Marino años siguientes a la de Estocolmo. El convenio de Londres sobre vertidos al mar y el Convenio MARPOL 73/78 sobre contaminación por buques, son Convenios que se han adoptado después de Estocolmo.

### 6.7.2. El convenio de Londres

Es un Convenio sobre la prevención del mar por vertimiento de desechos y otras materias, fue firmado en Londres en 1972 y entró en vigor en 1975. En 2004 han firmado este Convenio 80 Estados.



Figura 6.2. Convenio de Londres.

Su ámbito de aplicación se extiende a todas las aguas marinas con la excepción de las aguas interiores de los Estados.

Prohíbe el vertido de ciertos desechos peligrosos, requiere un permiso especial para otro tipo de desechos y un permiso general para el vertido de cualquier otro material

*El Convenio de Londres establece:*

1. La prohibición de vertimiento de los desechos que contengan sustancias enumeradas en su anexo I (la lista negra), que contiene Organohalogenados, Mercurio, Cadmio, Plásticos persistentes y materiales sintéticos, Hidrocarburos y productos refinados de petróleo, Residuos radioactivos, Residuos de armas químicas y biológicas.

2. La necesidad de obtener un permiso especial previo para el vertimiento de los desechos u otras materias que contengan cantidades significativas de las sustancias enumeradas en su anexo II.
3. La necesidad de obtener un permiso general previo para el vertimiento de todos los demás desechos o materiales.
4. La obligación de tener en cuenta los criterios contenidos en el anexo III para decidir sobre la concesión de permisos para el vertimiento.

En la reunión anual de 1986 se aprobaron las Directrices especiales para el material procedente de dragado.

### **6.7.3. El protocolo de 1996**

Tras algunos años de debate se llegó a la conclusión de que había serios inconvenientes para iniciar la creación de un nuevo convenio de alcance mundial, por eso se llegó a que el nuevo sea de carácter legal y que se llama protocolo asociado al convenio ya existentes.

Fue aprobado en 1996 y contiene cambios fundamentales respecto al texto de 1972. Los más importantes son los siguientes:

- a. Lista inversión: el convenio de 1972 decía que se podía verter al mar con autorización previa cualquier desecho cuando no esa contaminado con determinadas sustancias. El protocolo de 1996 dice que se prohíbe el vertido al mar de cualquier categoría de residuos excepto las que se autorizan expresamente en el nuevo anexo I, de las cuales, la primera es precisamente el material dragado.
- b. Principio de precaución: al contrario al texto anterior, con el texto nuevo se prohíbe el vertido de la sustancia que no pertenecen a la lista negra o gris si no se demuestra que es inocua.
- c. El que contamina paga.
- d. El convenio contempla no sólo los vertidos sino también las actividades que puedan perjudicar al medio marino.
- e. Cada país decidirá si aplica o no aplica el convenio a sus aguas interiores.
- f. Un nuevo anexo II titulado Pautas para la evaluación de desechos contiene los pasos a seguir y los estudios a realizar para seleccionar la mejor técnica de gestión en cada caso y para establecer el programa de vigilancia.

Con respeto a los dragados, en la reunión de 1995 se aprobó documento titulado Pautas para la evaluación del material dragado.



El protocolo no se aprobó hasta el año siguiente, su texto ya prácticamente consensuado y por ello estas pautas son totalmente consistentes con el anexo II del protocolo.

## **6.8. LAS RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN DEL MATERIAL DRAGADO EN LOS PUERTOS ESPAÑOLES**

En España, el marco normativo sobre la gestión medioambiental de materiales de dragado se concreta en la actualidad en unas "Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles" (RGMD/94; CEDEX, 1994). Aunque las RGMD/94 fueron gestadas en un principio como una herramienta para la regulación y control de los vertidos de materiales dragados en puertos declarados como de interés general, lo cierto es que en los últimos años se constata una tendencia a aplicar dichas Recomendaciones a otros puertos no incluidos en la categoría anterior, fruto de la mayor conciencia medioambiental en todos los ámbitos. Entre estos otros puertos que no son de interés general se encuentran los dedicados exclusiva o fundamentalmente a actividades pesqueras o deportivas, puertos generalmente de pequeño o mediano tamaño, con una problemática bastante diferente de la de los anteriores como consecuencia de los menores volúmenes de dragado y las previsiblemente menos importantes fuentes de contaminación.

En España, aunque la legislación no incluye aún una directiva para regular la caracterización de los procesos de dragado, se han venido utilizando un conjunto de recomendaciones publicadas en 1994 por distintos organismos y entes relacionados (CEDEX 1994). De forma muy resumida estas recomendaciones incluyen la caracterización de los sedimentos a dragar en los casos en los que no se disponga de información suficiente para autorizar o descartar el vertido libre. Esta caracterización incluye la determinación de algunos parámetros normales del sedimento como el tamaño de grano, el contenido en materia orgánica o la determinación de la contaminación microbiológica, así como la cuantificación de determinados contaminantes de interés en la fracción menor a 63  $\mu\text{m}$ . Los resultados de estos análisis se comparan con las correspondientes guías máximas de calidad de sedimentos, denominadas niveles de acción 1 y 2 (NA 1 y NA2; tabla 6.2), y los sedimentos son así clasificados en las tres categorías de gestión existentes: categoría I para los materiales con concentraciones inferiores al NA 1, categoría II para los materiales que presentan concentraciones entre NA 1 y el NA 2, y categoría III para los sedimentos con concentraciones superiores a NA 2. De este modo, los materiales de categoría I podrían ser vertidos al mar siguiendo un proceso de autorización normal de vertido, los materiales de categoría III necesitarían de un proceso especial de autorización para su gestión y no podrían ser vertidos al mar, y los materiales de categoría II necesitarían de un proceso de caracterización más exhaustivo para poder descartar posibles efectos adversos en el medio acuático y en consecuencia poder autorizar su vertido al mar.

Varios marcos de evaluación nacionales e internacionales para la gestión de materiales de dragado requieren la tradicional caracterización química y, además, la realización de ensayos de toxicidad para la evaluación de posibles efectos biológicos adversos (Environment Australia 2002, RIKZ 2001). En cualquier caso, y como para cualquier otra técnica analítica, si estas técnicas se quieren incorporar en programas reguladores no sólo se necesitan metodologías estandarizadas, sino que el proceso de validación necesario debe incluir además de esta estandarización el estudio de otras características como la precisión intralaboratorio o la variabilidad interlaboratorio.

SUSTANCIAS	NIVEL DE ACCIÓN 1 (mg kg <sup>-1</sup> dry weight)	NIVEL DE ACCIÓN 2 (mg kg <sup>-1</sup> dry weight)
Mercurio(Hg)	0,6	3,0
Cadmio (Cd)	1,0	5,0
Plomo (Pb)	120	600
Cobre (Cu)	100	400
Zinc (Zn)	500	3000
Cromo (Cr)	200	1000
Arsénico (As)	80	200
Níquel (Ni)	100	400
Σ7-PCBs	0,03	0,1

Tabla 6.2. Niveles de acción (NA) usados para caracterizar material de dragado en España (CEDEX 1994). Las concentraciones están medidas en la fracción de sedimento <63 µm.

### 6.8.1. Inventario y Caracterización del material dragado

Por encargo de Puertos del Estado y desde 1991, el CEDEX viene realizando las actualizaciones anuales del Inventario y caracterización del material dragado en los puertos españoles. Reúnen los datos sobre estado, naturaleza, características y evolución de los dragados efectuados en los puertos de titularidad estatal.

Estos inventarios son remitidos anualmente a las secretarías de los citados Convenios Internacionales.

*La información inventariada es la siguiente:*

1. Lugares de depósito y métodos de vertido
  - ✓ Ubicación y origen del vertido
  - ✓ Tipo de dragado
  - ✓ Masa vertida: masa total y la cantidad de materia orgánica

$$M_{tm} = V (m^3) \times C_s$$

$$M_{cot} = 0.01 \times (C (COT) \times M_{tm})$$

*Cs: Concentración de sólidos (1,4 arcillas; 1,7 arenas)*

*C (COT): Concentración Carbono Orgánico Total*

2. Carga contaminante

- ✓ *Metales pesados:* Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Arsénico (As), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Níquel (Ni) y Zinc (Zn).
- ✓ *Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (PAH's).*
- ✓ *Bifenilos Policlorados (PCB's),* para los que, además del total, se proporciona información de los 7 congéneres individuales con identificación IUPAC 28, 52, 101, 118, 138, 153 y 180.

3. Descripción del método analítico utilizado

### 6.8.2. Categorías RGMD

Las Recomendaciones para la Gestión de material dragado establecen los análisis físicos, químicos y granulométricos a los que hay que someter al material procedente de dragado para su correcta gestión, dividiéndolos, mediante el empleo de dos niveles de acción, *en tres categorías:*

**Categoría I:** Pertenecen a esta categoría aquellos materiales procedentes del dragado de los fondos portuarios cuyos efectos químicos y/o bioquímicos sobre la flora y la fauna marinas son nulos o insignificantes. Estos materiales pueden verterse al mar considerando solo los efectos mecánicos. En esta categoría la *concentración de contaminantes* < *Nivel de Acción 1*.

**Categoría II:** Pertenecen a la categoría II los materiales dragados con concentraciones moderadas de contaminantes. Se podrán verter al mar de forma controlada. En esa categoría, *Nivel de Acción 1* < *Concentración de contaminantes* < *Nivel de Acción 2*

**Categoría III:** Pertenecen a esta categoría los materiales dragados con concentraciones elevadas de contaminantes. Estos materiales deberán ser aislados de las aguas marinas o sometidos a tratamientos adecuados. *Concentración de contaminantes* > *Nivel de Acción 2*.

En función del grado de contaminación de los sedimentos se establecen *dos subcategorías:*

- **IIIa:** Podrán utilizarse técnicas de gestión de aislamiento blando (confinamiento subacuático o vertido en recinto en zonas intermareales).
- **IIIb:** Deberán utilizarse técnicas de gestión de aislamiento duro (Vertido en recintos con paredes impermeables, evitando la fuga de lixiviados).

### 6.8.3. Algunas normas que más incidencia tendrán sobre la nueva versión de las RGMD

- *Directiva 91/689/EEC de Residuos (Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos)*

**Residuo:** “Cualquier sustancia u objeto de la que se desprenda su poseedor o tenga obligación de desprenderse en virtud de las disposiciones nacionales en vigor”.

**Residuo Peligroso:** según su pertenencia o no a la Lista Europea de Residuos (Decisión 2001/118/EC), donde se encuentran:

- ✓ Código 17.05.05 Lodos de drenaje (dragado) que contienen sustancias peligrosas.
- ✓ Código 17.05.06 Lodos de dragado distintos de los especificados en el código 17.05.05

No obstante, en la Lista se especifica: “La inclusión de un material en la lista no significa, sin embargo, que dicho material sea un residuo en todas circunstancias.

Un material sólo se considerará residuo si se ajusta a la definición de residuo dada en la Directiva 91/689/EEC de Residuos.

- *Directiva 1999/31/CE de Vertederos (Real Decreto 1481/2001)*

**Vertedero:** “un emplazamiento de eliminación de residuos que se destine al depósito de los residuos en la superficie o subterráneo”; consecuencia: si los lodos de dragado son residuos, los emplazamientos donde se depositen son “vertederos”.

La Directiva no considera el depósito de lodos de dragado a lo largo de vías de navegación... dentro de su ámbito de aplicación.

No obstante, el 4º considerando de la Directiva recomienda estudiar más detenidamente el tratamiento de los lodos de dragado, y el 15º considera que el aprovechamiento de residuos no peligrosos en obras de colmatación o con fines de construcción no necesariamente constituye una actividad de vertido”, lo que lleva a la necesidad de establecer claramente y por ensayos adecuados la peligrosidad o no del lodo de dragado.

Además, no queda clara su aplicación para recintos específicos para el material dragado considerado peligroso. Si lo fuera, los ensayos van más allá de lo razonable para sedimentos marinos.

## 6.9. MEDIDAS PREVENTIVAS

### 6.9.1. Control de las fuentes

Cuando el material dragado está contaminado y los vertidos de contaminantes persisten, debe darse la máxima prioridad al control de las fuentes de contaminación, por ser la opción más efectiva ambiental y económicamente que el almacenamiento en recintos o el tratamiento de los sedimentos contaminados.

Para decidir sobre la implantación de una estrategia de control de las fuentes se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- a. La frecuencia necesaria de los dragados y los costes que suponen las alternativas de gestión del material dragado contaminado.
- b. Identificación de los contaminantes pertinentes, los riesgos y las contribuciones de las distintas fuentes del riesgo.
- c. La posible existencia de programas de reducción de vertidos.
- d. La viabilidad técnica y económica.
- e. La efectividad de las medidas que puedan tomarse.
- f. Las consecuencias que se derivarían de no llevar a cabo la reducción de los vertidos.

*La implantación de una estrategia de control de fuentes consta de las siguientes etapas:*

#### ***6.9.1.1. Establecimiento de los objetivos de calidad ambiental***

Hay que definir los objetivos de calidad ambiental que se persiguen. Hay criterios que diferirán de una región a otra a causa de las diferencias en las concentraciones de fondo y en los ecosistemas presentes. La calidad de los sedimentos en zonas de referencia próximas puede servir como punto de partida.

#### ***6.9.1.2. Identificación de las fuentes sobre las que debe actuarse***

Las campañas periódicas de muestreo realizadas permiten hacer un seguimiento de los niveles de calidad existentes en las diferentes zonas. Las diferencias respecto a los objetivos de calidad indicarán en cuál de ellos deben corregirse las fuentes, el tipo de corrección y en qué medida.



#### ***6.9.1.3. Consulta con la Autoridades Ambientales para llegar a un acuerdo sobre el programa de control de las fuentes.***

Pueden establecerse convenios entre gobiernos, entre gobiernos y contaminadores o entre contaminadores y Autoridad Portuarias. Hay que ponerse de acuerdo sobre la situación real teniendo en cuenta la magnitud de las fuentes, las relaciones entre causas y efectos y las reducciones requeridas.

#### ***6.9.1.4. Ejecución del programa y seguimiento de los resultados***

Identificación y definición precisa de las mejores técnicas aplicables a los diferentes procesos industriales desde el punto de vista ambiental y en el establecimiento de un calendario de modificaciones con una fecha límite para la implementación completa de dicha técnica.

### **6.9.2. Técnicas especiales de dragado**

No se puede usar las técnicas normales de dragar para dragar materiales contaminados porque así se produce el derrame del material suelto, turbidez por resuspensión, mezclado con el material limpio subyacente (lo que obliga a aumentar el espesor de la capa dragada), poca precisión y selectividad del dragado (lo que hace que se draga un volumen bastante mayor que el estrictamente necesario), alto contenido de agua en la mezcla de draga (como estaría contaminada, debería tratarse en destino antes de ser devuelta al mar), posibles daños a la salud de los operarios, etc.

#### **6.9.2.1. Criterios ambientales de selección**

Para minimizar los inconvenientes que hemos hablado antes, pues se han hecho técnicas especiales de dragado. Los criterios ambientales para evaluar estas técnicas especiales de dragado pueden clasificarse de la siguiente forma:

##### ***— Derrame del material suelto***

Material que se escapa del sistema de transporte (vertical u horizontal) y pasado algún tiempo se deposita de nuevo en el fondo, este hecho presenta dos problemas:

1. El derrame hace que al final quede una pequeña capa superficial de su fracción más fina, que suele ser la más contaminada, aunque se haya excavado todo el material contaminado. En esa capa donde se favorece la liberación de los metales pesados.
2. El material sedimentado es muy propenso a la resuspensión, lo que agravará los problemas de turbidez.

---

— *Turbidez por resuspensión*

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. El principal impacto es meramente estético, a nadie le gusta el aspecto del agua sucia. Las partículas suspendidas también ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas.

El aumento de la turbidez y de los sólidos en suspensión produce un cambio importante en el clima lumínico, que puede llegar a afectar a la zona fótica, reduciendo la penetración de la luz.

De forma paralela es previsible que el aumento de los nutrientes (amonio y fósforo) pueda producir un incremento de la producción en las zonas en las que llegue luz suficiente. Finalmente, si la concentración de sustancias tóxicas y metales pesados se incrementa, el efecto sobre las comunidades planctónicas será negativo.

Es indudable que todos estos efectos no tienen por qué darse de forma simultánea, es más, incluso pueden ser despreciables, pero, en cualquier caso, constituyen una serie de hipótesis de trabajo que deberán ser verificadas mediante el seguimiento de diferentes variables ambientales representativas.

La turbidez se mide en NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez. El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

La unidad usada en tiempos antiguos era las JTU (Unidades de Turbidez de Jackson), medidas con el turbidímetro de vela de Jackson. Esta unidad ya no está en uso estándar.

La turbidez se mide con un disco secchi. Esto es un disco blanco y negro que se deja caer en el agua atado a una cuerda. Se anota la profundidad que el disco alcanza hasta que se pierde de vista. Esto proporciona una estimación del nivel de turbidez.

Una medición de la turbidez puede ser usada para proporcionar una estimación de la concentración de TSS (Sólidos Totales en Suspensión), lo que de otra forma es un parámetro tedioso y difícil de medir.

Se hizo muchos estudios sobre la turbidez creada por diferentes equipos de dragado, el resultado final era que resultaba muy difícil predecir la turbidez que produciría una draga y que dependía entre otros factores de la tendencia de los sedimentos a la resuspensión y del espesor de la capa excavada.

TIPO DE DRAGA	DISTANCIA AGUAS ABAJO		
	Menos de 30 m	Menos de 60 m	Menos de 120 m
Draga de cortador	25-250	20-200	10-150
<i>Trailer</i>			
Con rebose	250-700	250-700	250-700
Sin rebose	25-200	25-200	25-200
<i>Cuchara</i>			
Abierta	150-900	100-600	75-350
cerrada	50-300	40-210	25-100

**Tabla 6.3. Rangos observados de contaminaciones de sedimentos en suspensión para dragas convencionales (mg/l).**

Las dragas de de cortador son las que producen menos turbidez entre las dragas convencionales. La resuspensión puede reducirse eligiendo adecuadamente la velocidad de rotación del cabezal cortador, la velocidad de desplazamiento de éste, la profundidad de corte y la altura hidráulica de succión.

Los trailers o dragas de succión en marcha suelen practicar el rebose del sobrenadante de las cántaras con el fin de aumentar la producción, cuando no se practica el rebose las concentraciones son un orden de magnitud más bajas.

Las dragas de cuchara provocan resuspensión por el impacto de la cuchara contra el fondo, por el derrame y las fugas de la cuchara llena durante el ascenso y por el lavado de la cuchara en su descenso. Si estas dragas practican el rebose entonces las concentraciones de sedimentos en suspensión serán aún mayores, pero si se usan cucharas cerradas, las concentraciones se disminuyen considerablemente.

#### — *Mezclado con el material subyacente*

En los dragados ambientales el material que se queda en fondo tiene que ser limpio, pero cuando el instrumento de excavación se introduce en el terreno es imposible evitar un cierto grado de mezcla del material que se encuentra por encima de la cota a dragar con el material que se encuentra por debajo. Para evitar eso lo mejor es encontrar una técnica de dragado que sea capaz de remover poco material, minimizando la mezcla.

#### — *Precisión y selectividad del dragado*

La precisión es la capacidad de colocar la herramienta de excavación en una posición determinada.

La selectividad es la capacidad para excavar capas de sedimento de espesor variable, la falta de selectividad obliga a sobredragar para asegurarse de que no queda material contaminado, pero así aumentamos el volumen del material contaminado a gestionar.

---

— *Seguridad laboral*

Los trabajadores no tienen que ponerse en contacto con el material contaminado, eso se aplica a su transporte y tratamiento, existen regulaciones de seguridad que exigen eso. La técnica hidráulica cerrada (ejemplo, draga de succión con impulsión por tubería) es más controlable y segura que la técnica mecánica abierta como la draga de pala.

— *Criterios impuestos por circunstancias locales*

Hay otros criterios que obligan a adoptar una determinada técnica de dragado, entre los cual:

- La condiciones de la zona donde se va a dragar, si es amplia o estrecha, fuerte corriente, balizas, etc.)
- Las variadas características mecánicas del sedimento (arena o arcilla, consolidadas o no).
- El espesor de la capa a dragar y el volumen total de la obra de dragado.

#### **6.9.2.2. Dragas especiales**

La mayoría de estas dragas son simple modificación de las dragas convencionales, como draga de cuchara con cuchara cerrada, dragas de rosario con el tren de cangilones encapsado, dragas auger, dragas con cortador en disco, dragas scoop y dragas sweep.

#### **6.9.2.3. Controles operacionales**

Medidas de control que pueden tomarse aisladamente o en combinación para satisfacer los criterios ambientales son:

- Sellado de las palas y cucharas en las dragas mecánicas.
- Disminución de la velocidad de elevación de palas y cucharas.
- Cercado de las cabezas cortadoras de las dragas hidráulicas.
- Empleo de videocámaras submarinas.
- Aislamiento de la zona de dragado mediante cortinas antiturbidez o tablestacas.
- Empleo de cortinas de burbujas.
- Sistemas de posicionamiento de alta precisión como DGPS o láser.
- Empleo de sensores de turbidez durante las operaciones.
- Empleo de caudalímetros y densitómetros nucleares.

## 6.10. APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES DEAGADOS

### 6.10.1. Introducción

Tradicionalmente los proyectos de dragado en los puertos se han centrado en la extracción del material. La gestión del material dragado consistía en depositarlo en algún vertedero acuático o terrestre.

Muchos estudios en el mundo han demostrado que se puede aprovechar el material dragado en muchas cosas, como la regeneración de playas, creación de tierra firme, rellenos de muelles y explanadas, uso como material de construcción, etc., también en la agricultura y pesca.

### 6.10.2. Usos en obras públicas

#### 6.10.2.1. Creación de tierra firme y mejora de terrenos

Consiste en el relleno de zonas que de forma periódica o permanente se encuentran sumergidas, hasta elevar su nivel por encima de la pleamar viva.

La mejora de terrenos se refiere a rellenos de zonas que o bien se encuentran a un nivel tan bajo que están expuestas a inundación ocasionales o bien tienen malas propiedades geotécnica o agrícolas. La creación de tierra firme en zonas costeras requiere la construcción previa de un dique perimetral de contención, protegido en su cara exterior contra el oleaje y las corrientes por escollera o revestimiento de hormigón.

#### 6.10.2.2. Rellenos, sustituciones y recubrimientos

Su objetivo es el aislamiento de materiales del entorno marino o incluso en tierra firme, mediante la colocación de una capa continua, estable y limpia, de un material apropiado sobre el material a aislar. Los recubrimientos exigen la formación de una capa resistente a la acción de oleaje y de las corrientes recubriendo los productos contaminados depositados previamente. Pueden utilizarse arenas, arcillas y materiales formados por la mezcla de varios tipos de suelos. Los recubrimientos también pueden ser realizados en tierra firme, siendo la arcilla el material más adecuado en estos casos. El material a recubrir y el de recubrimiento pueden tener origen en el mismo proyecto de dragado.

Ejemplos típicos de usos provechosos:

- Trasdoso de nuevos muelles.
- Relleno de explanadas.
- Relleno de dársena y canales en desuso.
- Relleno de los huecos dejados por explotaciones de áridos o de minerales.



También se puede usar el material dragado para sustituir los suelos blandos (turbas, arcillas blandas) en zanjas para la cimentación de estribos, túneles, carreras y ferrocarriles y el remplazo de suelos contaminados por material limpio.

Se usa el material dragado limpio para recubrir el material dragado contaminado almacenado en recintos de contención.

#### ***6.10.2.3. Regeneración y creación de playas***

Los materiales que constituyen las playas pueden ser transportados hacia mar abierto de forma rápida en condiciones de temporal. Si dicho material no se repone, la playa y eventualmente la línea de costa se erosionarán. El aumento del perfil de la playa mediante aportaciones externas, atenúa el impacto del oleaje sobre la costa con mejores resultados que las obras de defensa costeras. Para la regeneración de playas generalmente se necesitan grandes cantidades de materiales granulares (arenas o gravas) las cuales pueden ser suministradas por las obras de dragado. El material granular óptimo es el que posee una granulometría igual o más elevada que el natural constitutivo de la playa. La escasez de este tipo de material y las exigencias medioambientales a las extracciones de arenas en el mar para regeneración de playas, hacen que el valor de los productos de dragados para este fin, se haya elevado en los últimos años y justifique su transporte desde grandes distancias.

Además de la regeneración de playas, también puede plantearse su utilización en la mejora o en la creación de una nueva playa con fines recreativos. Para estos casos el material idóneo es la arena. Las arenas procedentes de operaciones de dragado, tanto de mantenimiento como de primer establecimiento, pueden aparecer inicialmente descoloridas y visualmente poco atractivas, debido a la presencia de pequeñas cantidades de finos. Esta apariencia suele cambiar de forma rápida tras su colocación en la playa.

En algunas zonas, la interrupción del transporte litoral por la existencia de canales de navegación u otras infraestructuras portuarias, causa erosiones en la línea de costa situada aguas abajo en la dirección del transporte litoral. El dragado requerido para el mantenimiento de la actividad portuaria puede ser incorporado nuevamente a la dinámica litoral aguas abajo garantizando la continuidad del transporte de sedimentos. Esta operación es conocida como “trasvase de arenas o bypass”

#### ***6.10.2.4. Construcción de bermas sumergidas***

La función de una berma en mar abierto es absorber parte de la energía del oleaje que se aproxima a la playa, de forma que el clima marítimo sea menos severo, o bien la de modificar la dirección e intensidad del transporte local de sedimentos, con objeto de -

conseguir una mejora en la estabilidad de la playa. Generalmente se disponen de forma paralela a la playa, aunque la mejor disposición para cada lugar específico viene determinada por la dirección del oleaje más severo.

Suelen proyectarse para estar permanentemente sumergidas, a menos que se construyan de escolleras, por lo que es posible su construcción mediante la descarga por fondo de los productos de dragado desde gánguiles permitiendo que el mismo equipo o similar pueda ser empleado en el dragado y en el vertido del material.

Es otra manera de aprovechar el material dragado, en la construcción de bermas sumergidas, hay tres tipos de bermas:

- Bermas de alimentación: su objetivo es el suministro continuo de arenas a la playa activa a medida que el oleaje y las corrientes las van erosionando.
- Berma de protección: diseñadas para absorber parte de la energía del oleaje que se aproxima a la playa.
- Bermas de contención: diseñadas como cierre de un recinto destinado a almacenar sedimentos contaminados.

#### ***6.10.2.5. Construcción de diques y presas de tierra***

Los materiales de dragado pueden utilizarse para la construcción de diques de tierra destinados a controlar las inundaciones, bien sea encauzando las aguas o bien protegiendo zonas sensibles.

#### ***6.10.2.6. Empleo como materiales de construcción***

Algunos productos de dragado pueden utilizarse como materiales de construcción. En muchos casos los productos de dragado están formados por una mezcla de arenas y fracciones arcillosas que deben ser separadas en el lugar de vertido o por medio de dispositivos como hidrociclones. También puede ser necesario un drenaje previo debido a un elevado contenido de agua.

Los productos de dragado tales como arena o grava pueden utilizarse como áridos para hormigones, aunque puede ser necesario un cribado para alcanzar la granulometría deseada. Su utilización para ladrillos y productos cerámicos tiene limitaciones ya que el contenido de arena no debe superar el 30% y los resultados de los ensayos requeridos deben ser favorables. Los productos de dragado pueden utilizarse como materia prima para la producción de escolleras o bloques para la protección de diques o taludes de la erosión.

### **6.10.3. Usos en agricultura y pesca**

#### ***6.10.3.1. Creación y mejora de tierra vegetal***

Los productos de dragado de origen fluvial proceden de la erosión de tierras vegetales y materia orgánica que pueden ser utilizados sobre terrenos de calidad agrícola baja con el objeto de mejorar la estructura del suelo. Incluso los productos de dragado provenientes de ambientes salinos pueden, después de tratamientos apropiados ser adecuados para su aprovechamiento como tierra vegetal. Los suelos pueden ser utilizados para plantaciones con fines no alimenticios, tales como árboles destinados a la fabricación de pasta papel y arbustos ornamentales.

La mejor tierra vegetal es mezcla de arena, lima arcilla y materia orgánica, combinación que se da con en los materiales dragados, entonces se puede usar para mejorar la estructura del suelo con fines agrícolas pero antes hay que drenarlos para disminuir su salinidad.

#### ***6.10.3.2. Acuicultura***

Para esa actividad hay que construir diques perimetrales y estructuras de control para la evacuación de aguas, para ello se usan los recientes de contención de los materiales procedentes de dragados de mantenimiento.

#### ***6.10.3.3. Mejora de recursos pesqueros***

Las funciones ecológicas de los hábitats pesqueros pueden obtenerse por la colocación apropiada de productos de dragado. En aguas someras o intermareales, los montículos formados por estos alteran las características del flujo creando remolinos que pueden concentrar organismos de los que alimentan los peces. Las áreas de calma situadas a sotaventos de un montículo pueden proporcionar refugio y zonas de descanso.

### **6.10.4. Usos en medio ambiente**

#### ***6.10.4.1. Regeneración y creación de zonas húmedas***

La regeneración de zonas húmedas es un uso provechoso de los materiales dragados muy común. Los sedimentos dragados pueden utilizarse directamente para estabilizar zonas húmedas litorales en procesos de erosión o para devolver el nivel intermareal a zonas húmedas en proceso de asentamiento.

#### 6.10.4.2. Creación de islas de nidificación

Características técnicas que debe tener una isla de nidificación para aves acuáticas y que pueden ser obtenidas utilizando productos de dragado:

- Línea litoral de pendiente gradual.
- Acceso al agua y la línea de costa.
- Sustrato adecuado para los nidos y polluelos.
- Distancia a tierra superior a 300 m para evitar que los depredadores de huevos y polluelos puedan alcanzar a nada de la isla.
- Restricción de acceso para prevenir una alta utilización humana durante la época de nidificación.

### 6.11. GESTIÓN DEL MATERIAL DRAGADO POR VERTIDO AL MAR

El vertido al mar sólo debe realizarse si el material dragado no está muy contaminado, seleccionando adecuadamente la zona de vertido.

Los efectos serán entonces fundamentales de tipos físicos, permanentes o transitorios.

- *Efectos de tipo físico:*
  - Permanentes: cambios en la batimetría y, dependiendo de las características de los sedimentos, aumento de nivel de fondo de las concentraciones de contaminantes.
  - Transitorios: aumento de la turbidez y enterramiento de organismos vivos.
- *Efectos mecánicos directos del vertido de los materiales sobre la superficie del fondomarino.*
- *Efectos por el comportamiento sedimentológico de los materiales vertidos*
- *Efectos sobre la dinámica litoral*
- *Efectos tóxicos a medio y largo plazo sobre las especies biológicas presentes en la zona de vertido y en las inmediaciones.*
- *Efectos sobre la salud pública: por afectar a especies de consumo humano y por afectar zonas de baño o de uso deportivo o recreativo.*
- *Es recomendable (si no obligatorio) realizar un Estudio de Impacto Ambiental previo a la autorización de vertido.*
- *Medidas preventivas para minimizar los efectos negativos:*
  - Dispositivos de vertido que reduzca la turbidez y la dispersión
  - Selección de períodos de vertido

- Aprovechamiento de depresiones naturales o artificiales para depositar el material dragado y su recubrimiento con material limpio de características similares al de la zona de vertido.

## 6.12. GESTIÓN DEL MATERIAL DRAGADO POR ALMACENAMIENTO EN RECINTOS

- Si el material es de categoría IIIa (RGMD), debe almacenarse en un recinto con aislamiento “blando”, es decir, de tal forma que se evite la fuga de material sólido, pero se permite que salgan los lixiviados.
- Si el material es de categoría IIIb, el recinto debe tener aislamiento “duro”, sin permitir la salida de lixiviados.
- Confinamiento en recintos emergidos (situados completamente por encima del nivel freático) o subacuático (recintos situados parcial o totalmente por debajo del nivel freático). Estos últimos a su vez se subdividen según la diferencia de carga hidráulica entre el interior y el exterior del recinto (positiva, negativa, nula o variable).

El material dragado vertido en el recinto generalmente se consolida, disminuyendo su contenido de agua. El agua expulsada es una fuente potencial de contaminantes que deben ser controlados.

- Los procesos que más determinan los efectos potenciales del agua expelida son:
  - ✓ La advección (desplazamiento), dispersión y difusión de contaminantes, su lixivialidad y degradabilidad.
- La contaminación del agua expelida se debe fundamentalmente al contenido de sólidos en suspensión
  - ✓ Puede ser necesario pasar el agua sobrante por una balsa de decantación antes de verterla fuera del recinto.
  - ✓ El recubrimiento del recinto con material dragado limpio de granulometría adecuada reducirá el paso de material fino al exterior en forma de sólidos en suspensión.

La gestión de estos recintos de almacenamiento requiere:

- La implantación de directrices y procedimientos administrativos para la aceptación de material dragado.



- La vigilancia de los parámetros físicos y ambientales del material dragado y de los procesos que tienen lugar en el interior del recinto (consolidación, control del agua sobrante, etc.) y del entorno próximo al recinto.
- La comparación periódica de los resultados de la vigilancia con las hipótesis iniciales y el ajuste de las condiciones del proceso cuando sea necesario.
- La optimización continuada de los procesos de vertido y la anticipación o la rápida reacción a las cambiantes políticas y tecnologías ambientales.

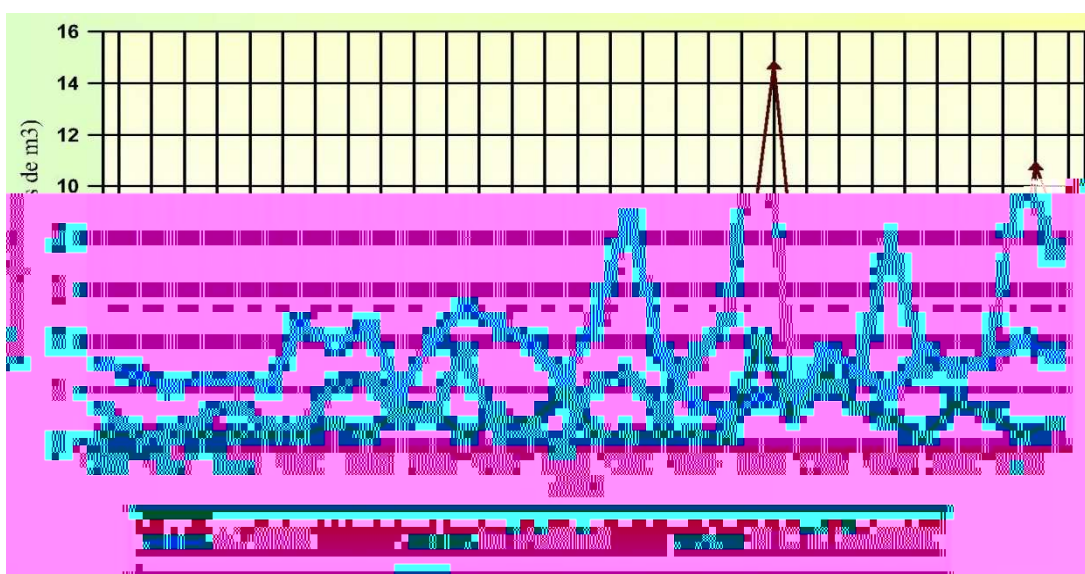


Figura.6.3. Evolución del destino de los dragados en España

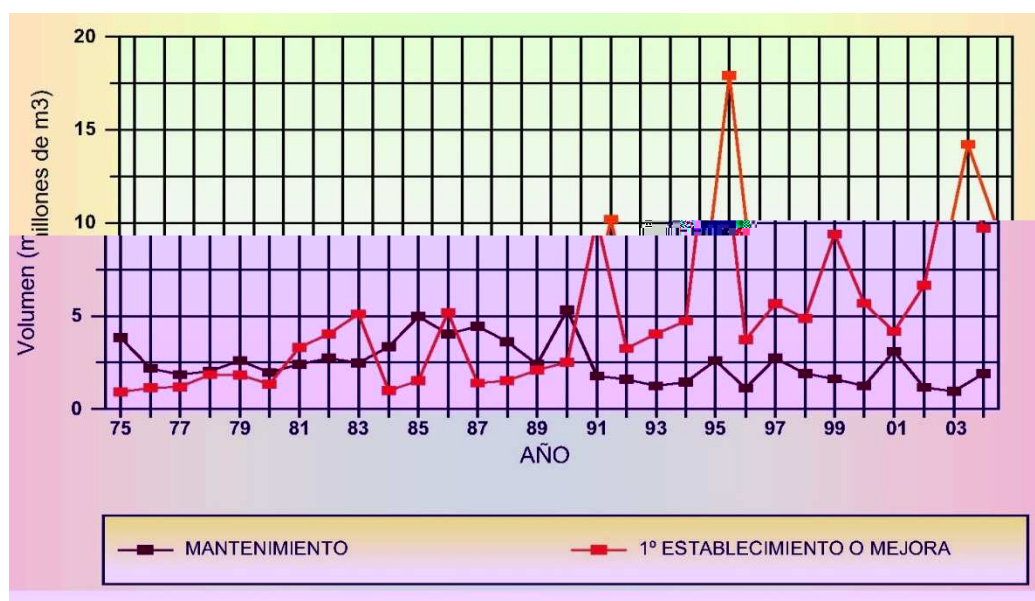


Figura.6.4. Evolución según el tipo de dragado.

### 6.13. TRATAMIENTO

Pretratamiento: Consiste en reducir el volumen de material dragado contaminado que requiere un posterior tratamiento o almacenamiento, y mejorar la calidad física del material para la manipulación y tratamiento posteriores.

- ✓ Separación de las fracciones del material dragado que están relativamente limpias de aquellas que están relativamente contaminadas.
- ✓ Separación del agua de los sólidos.

El pretratamiento se basa en el hecho de que los contaminantes se encuentran preferentemente adsorbidos en las partículas más finas.

Las técnicas disponibles incluyen:

- Las balsas de sedimentación.
- Los hidrociclones.
- Las membranas.

En algunos casos, las partículas se lavan después de la separación para reducir aún más los niveles de contaminación.

#### 6.13.1. Tratamiento Biológico

- Las técnicas de tratamiento biológico se basan en general en la degradación de sustancias orgánicas por microorganismos. Estos métodos aceleran la descomposición natural de los contaminantes orgánicos.
- Ofrecen buenas perspectivas para los materiales dragados contaminados con petróleos y con PAHs.

#### 6.13.2. Tratamiento Químico

- El tratamiento químico de los contaminantes en el material dragado se basan en el comportamiento físico-químico de los sedimentos y los contaminantes, tales como:
  - ✓ Ajustes de pH,
  - ✓ Oxidación,
  - ✓ Intercambio iónico, etc.
- Básicamente tienen como objetivo o bien extraer los contaminantes o bien alterarlos.
- Los tratamientos químicos son bastante caros y lentos y en general solo son útiles para proyectos especiales.

### 6.13.3. Tratamiento Térmico

- Los materiales dragados contaminados o los residuos de otros tratamientos que estén severamente contaminados con sustancias orgánicas pueden tratarse térmicamente.
- Son tratamientos relativamente caros, pero alcanzan muy altos porcentajes de remoción y destrucción de contaminantes.
- Los diversos tipos de tratamientos térmicos son:
  - ✓ Desorción (pasar sin esfuerzo) térmica, incineración,
  - ✓ Reducción térmica y vitrificación.
- La mayoría de las tecnologías de este grupo dan como resultado un producto en forma de grava o de ladrillos que puede usarse como material de construcción.

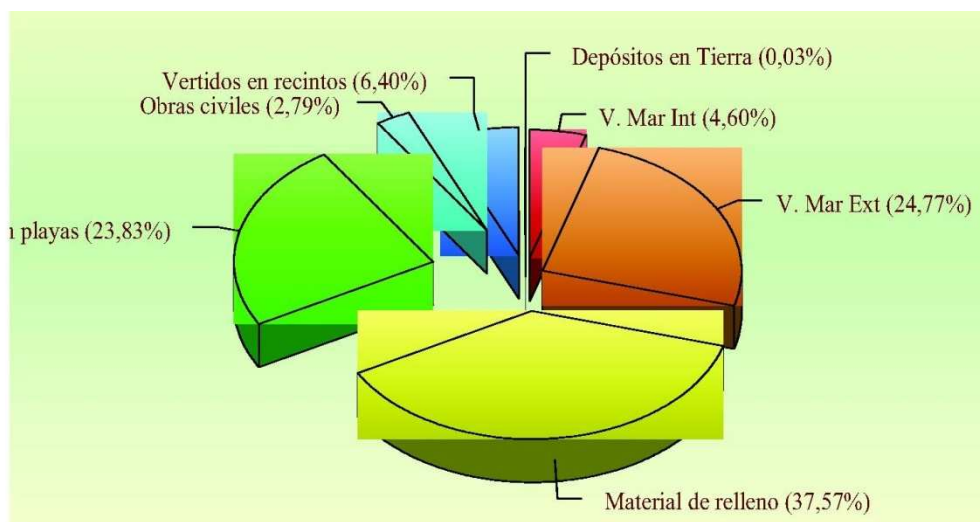


Figura.6.5. Destino materiales de dragado.

### 6.13.4. Conclusiones

Las operaciones de dragado y descarga del material dragado tienen el potencial para generar impactos negativos sobre las condiciones físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas. La turbidez es el cambio físico más importante generado sobre la calidad del agua durante y después del dragado y la descarga del material dragado. Los cambios químicos de la calidad del agua se pueden estimar con: la demanda de oxígeno, el aumento de nutrientes, presencia de trazas de metales pesados y pesticidas en la columna de agua, y la modificación de los niveles de salinidad.

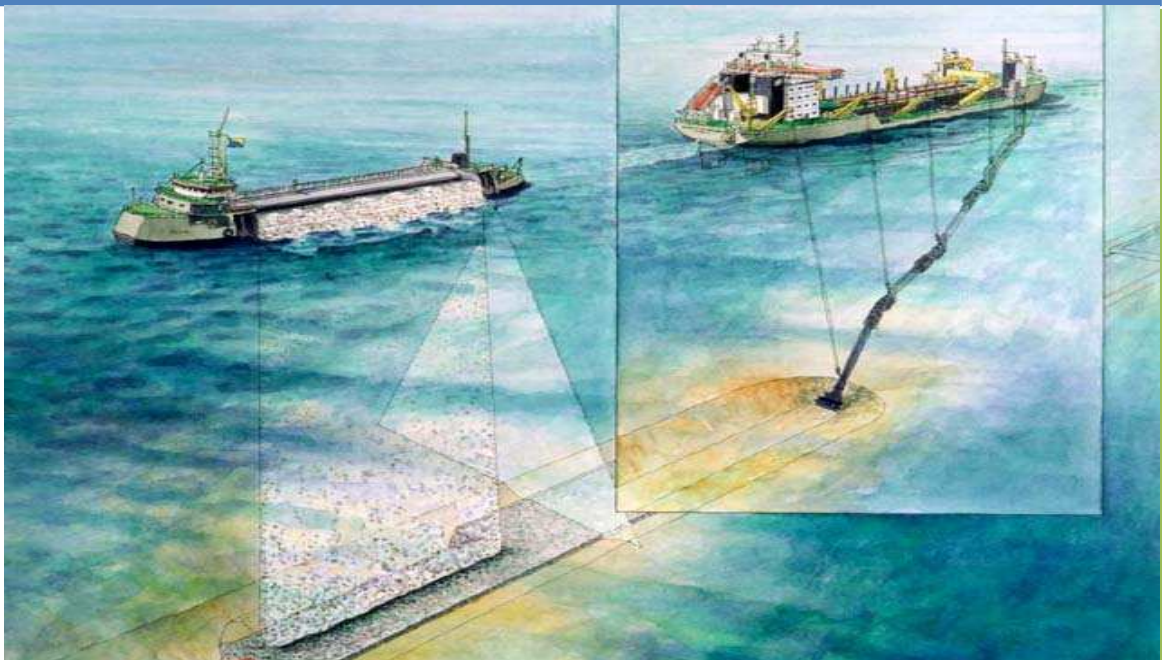
Los procesos de dragado y descarga, en sí mismo, no incorporan nuevos contaminantes al medio acuático simplemente pueden suspender y distribuir los sedimentos contaminados.

La descarga del material dragado en tierra en áreas confinadas es más segura pero la descarga en agua es siempre la opción más económica, sin embargo cada día hay mayores restricciones ambientales a ésta última.

- En general, el material dragado puede y debe considerarse como un valioso recurso y no como un residuo o material de desecho.
- Mediante los dragados se mantienen y mejoran los calados de las vías navegables, dársenas y canales de acceso a los puertos, posibilitando con ello el transporte marítimo.
- Prohibir las operaciones de dragado podría conducir al embarrancamiento de buques o a la infrautilización de los puertos y vías de navegación, lo que supondría cambios drásticos en las rutas de transporte con fatales consecuencias sobre el empleo y el comercio.
- Los dragados juegan también un papel fundamental en la obtención de material de préstamo para determinados tipos de obras como la regeneración de playas, la creación de tierra firme o los rellenos portuarios.

2010

## CAPÍTULO VII. DRAGAS: TIPOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO.



IYAD S T KHADER

DRAGADOS PORTUARIOS Y COSTEROS:  
UNA REVISIÓN CRÍTICA PARA EL GOLFO DE CÁDIZ  
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS.



## **VII. DRAGAS: TIPOLOGIA Y FUNCIONAMIENTO, ELECCIÓN DE EQUIPOS DE DRAGADOS**

### **7.1. CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA ELECCIÓN DE EQUIPOS**

Dado un problema de dragado la elección del equipo adecuado para realizar las tareas de dragado es una de los aspectos más importantes para la realización exitosa del proyecto. La elección del equipo de dragado depende de una serie de factores.

Los equipos de dragado operan en función de determinados mecanismos de dragado.

Debe tenerse en cuenta que en muchas oportunidades el equipo ideal para la ejecución del trabajo no está disponible en la flota del Contratista sea porque no lo tiene o porque está ocupado en otras tareas de dragado o porque el área geográfica donde hay que realizar las tareas se encuentra muy alejada. Por ello en oportunidades se realizan algunas tareas con los equipos disponibles más que con los equipos más aptos.

### **7.2. ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA ELECCIÓN**

La elección del equipo de dragado más adecuado para un determinado trabajo se realiza teniendo en cuenta una serie de aspectos siendo los principales:

- ✓ Las características del suelo a dragar.
- ✓ La profundidad de dragado.
- ✓ Las condiciones ambientales.

A continuación se detallan los principales aspectos que influyen la decisión al elegir un equipo determinado. Los aspectos que se indican deben tomarse en su conjunto pues en algunos casos presentan requerimientos contrapuestos:

#### **7.2.1. Características generales del proyecto**

La definición del proyecto, el objetivo principal de las obras, el área geográfica donde se desarrolla y otros aspectos similares orientan en primera instancia sobre los equipos que pueden utilizarse.

#### **7.2.2. Características de los suelos**

Las características de los suelos a dragar son el aspecto que más influencia tiene en la elección del equipo. Además de las características físicas es importante conocer los volúmenes y su distribución espacial.

### **7.2.3. Profundidad de dragado**

Las profundidades máximas a dragar, mínimas y las existentes en el trayecto a realizar entre el sitio de dragado y el sitio de descarga determinan condiciones límites para los equipos de dragado. Puede afectar el tipo de equipo que puede utilizarse o su importancia.

### **7.2.4. Condiciones ambientales**

Dentro de las condiciones ambientales las condiciones de oleaje y corrientes pueden hacer que determinados tipos de dragas sean menos favorables que otras.

### **7.2.5. Aspectos logísticos**

Dentro de los aspectos logísticos a considerar se encuentra la fácil o difícil accesibilidad de los equipos de dragado a los sitios de trabajo. Asimismo la forma en que se va a realizar el transporte del material dragado hasta los sitios de descarga favorece la decisión hacia uno u otro tipo de equipos. Los aspectos relacionados con la interacción entre los equipos de dragado y el tráfico de buques juegan un papel muy importante en el caso de proyectos relacionados con las vías navegables.

### **7.2.6. Otros**

Hay otro tipo de requerimientos que pueden afectar directamente el tipo de equipo elegido. Entre ellos puede mencionarse los aspectos relacionados con el medio ambiente como por ejemplo las limitaciones de ruido o aspectos ambientales.

## **7.3. MECANISMOS DE DRAGADO**

En el caso de materiales no cohesivos y cohesivos se pueden identificar tres mecanismos de excavación [Bray (1997)]:

- ✓ Que el material fluya por gravedad hacia un punto donde existe una succión.
- ✓ Excavación por erosión.
- ✓ Excavación por acción mecánica de corte.

### **7.3.1. Flujo gravitacional**

Excavación por efecto de un flujo gravitacional es el proceso que se utiliza en dragas de succión estacionarias y comprende la creación de un talud inestable en el material. La producción de estos equipos está determinada por el caudal de material que puede fluir hacia el punto de succión.

Cuando el cabezal de succión se introduce en el suelo la excavación inicial se produce por las fuerzas erosivas del agua que fluyen hacia la succión. En un periodo corto de tiempo, a medida que el tubo de succión se hunde, se forma un pozo circular, las paredes del mismo se alejan del punto de succión. La velocidad de propagación o “velocidad de la pared” depende exclusivamente de las propiedades de la arena. El talud de la pared suele ser mucho más empinado que el ángulo natural de reposo de la arena. La “velocidad de la pared” es directamente proporcional a la permeabilidad de la arena e inversamente proporcional a la porosidad. La arena que se desploma de la pared se desplaza hacia el punto de succión como una corriente de densidad. El caudal sólido está determinado por una combinación de la “velocidad de la pared” y la profundidad del pozo mientras que la misma draga no tenga una limitación en la potencia de la bomba.

Las dragas de succión estacionaria se pueden usar solamente en el caso de arenas con una permeabilidad relativamente alta, donde se presenten muy pocas capas cementadas o capas intermedias de material cohesivo y donde el espesor de la capa de arena a dragar sea suficiente para permitir una profundidad razonable del pozo.

### **7.3.2. Excavación por erosión**

La excavación por erosión es el método empleado por las dragas de succión por arrastre y las dragas Dustpan. En ambos casos la erosión es causada por el flujo de agua hacia el cabezal de succión. La producción depende principalmente de la densidad, permeabilidad y granulometría del material y de la forma en que operan las dragas. Es frecuente que además de la erosión los cabezales de las dragas de succión por arrastre incorporen dientes y/o chorros de agua para asistir el proceso erosivo en materiales no cohesivos. Chorros de agua también se utilizan en los cabezales de las dragas Dustpan.

### **7.3.3. Excavación por corte**

La excavación por corte de materiales no cohesivos en el caso de las dragas de succión con cortador y de cangilones es un proceso de corte a alta velocidad. Las fuerzas de corte dependen en gran medida por la porosidad, permeabilidad y ángulo de fricción interna de la arena además de la geometría del elemento de corte y la velocidad.

De los análisis teóricos surge que para las dragas de succión con cortador se obtiene mejor funcionamiento y eficiencia si se cumple lo siguiente:

- ✓ La velocidad de corte es baja
- ✓ El diámetro del cortador es grande.
- ✓ El número de hojas es alto.
- ✓ El número de r.p.m es alto.

## 7.4. CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE DRAGADO

Los equipos de dragado se pueden clasificar de acuerdo a cual es el principio básico que utilizan para ejecutar la excavación de los materiales en:

- ✓ Dragas mecánicas.
- ✓ Dragas hidráulicas.
- ✓ Dragas combinadas.

Dentro de estas categorías se puede realizar una nueva división en base a si las dragas son autopropulsadas o no ya sea durante la etapa de excavación, de transporte o ambas.

### 7.4.1. Dragas mecánicas

Las dragas mecánicas utilizan en principio el mecanismo de corte para penetrar el suelo. Estas dragas emplean equipos similares a los utilizados para movimientos de suelos en tierra firme. Poseen entre ellas una serie de aspectos en común, como por ejemplo, que el material se saca con poca perturbación y mínima dilución con lo que la eficiencia de las dragas mecánicas es alta desde ese punto de vista.

#### 7.4.1.1. Draga de cangilones

Las dragas de cangilones son de un diseño muy antiguo y en un tiempo tenían una participación importante en la flota de dragado de Europa. Utiliza una serie de cangilones montados sobre una cadena que gira indefinidamente y se conoce como rosario de cangilones. Al girar la cadena los cangilones excavan el material del fondo, lo elevan con el cangilón en posición vertical hasta la parte superior de la escalera y luego vuelcan el material en una rampa al rotar el cangilón. El material se descarga en barracas para ser transportado al lugar de deposición. La draga de cangilones tiene un proceso prácticamente continuo de excavación.

Puede ser utilizada para dragar un amplio rango de materiales incluyendo rocas blandas. Pueden en algunos casos ser autopropulsadas. En la actualidad han caído en desuso pues su producción es relativamente baja comparada con otras dragas, necesitan un campo de anclas para la sujeción del pontón que obstaculiza el tráfico de buques y son muy ruidosas durante la operación.

#### 7.4.1.2. Draga de cuchara de almejas

Está compuesta por una grúa que sostiene mediante cables una cuchara de almejas montada sobre un pontón. La cuchara se deja caer hasta el fondo donde penetra por su propio peso. Se cierra y por efecto de corte excava el material del fondo.

Se eleva verticalmente la cuchara llena y el material se dispone en barcazas ubicadas al costado del pontón que son las que llevan el material al lugar de descarga. Una vez descargada la cuchara vuelve a su posición y recomienza el ciclo de dragado. Una ventaja de las dragas de cuchara es su capacidad para dragar en aguas relativamente profunda pues la limitación de la profundidad alcanzable está dada por la capacidad del tambor del guinche. Estas dragas son habitualmente no propulsadas y se mantienen en posición con un campo de anclas o a veces con pilones.

Las dragas de cuchara pueden dragar arenas, algunos tipos de arcillas, gravas, cantos rodados y rocas partidas. No son muy efectivas para dragar limos finos pues tienden a volcarse en la elevación de la cuchara.

#### **7.4.1.3. Draga tipo retroexcavadora (Backhoe)**

La draga tipo retroexcavadora se está usando cada vez más dentro de las operaciones de dragado. Está compuesta por una retroexcavadora como las utilizadas en trabajos de tierra firme montada sobre un pontón habitualmente no autopropulsado que se mantiene en la posición mediante pilones. El material se excava del fondo y se coloca en barcazas. Presentan algunas limitaciones con las profundidades a dragar pero hay nuevos modelos que están aumentando la profundidad de dragado.

Las dragas tipo retroexcavadora pueden dragar un amplio rango de materiales tales como arenas, arcillas, grava, cantos rodados y roca fracturada. También roca sana moderadamente dura.

#### **7.4.1.4. Draga tipo pala (Dipper)**

Esta draga consiste en una pala cargadora montada sobre un pontón con muchas semejanzas con la draga tipo retroexcavadora. Se colocan dientes en el labio de la pala para hacerlas más eficientes en el dragado de materiales duros.

Se eleva el material y se descarga en barcazas abriendo el fondo del balde. Estas dragas son capaces de dragar rocas duras y materiales muy compactados. Tienen algunas limitaciones en lo que hace a profundidades a dragar. Mucho del trabajo que se ejecutaba mediante estas dragas se ejecuta en la actualidad mediante dragas tipo retroexcavadora.

#### **7.4.2. Dragas hidráulicas**

Este tipo de dragas utiliza bombas centrífugas para producir la succión de agua que transporta el material dragado.



#### **7.4.2.1 Draga Dustpan**

La draga Dustpan es una draga que se utiliza en grandes ríos como el Mississippi o el Paraná. En nuestro país a caído en desuso. La operación de dragado se realiza desde un pontón mediante un cabezal que se baja desde la proa y que tiene forma de cabezal de una aspiradora y de allí su nombre en inglés. Produce la succión mediante bombas centrífugas y ayuda a la formación de la mezcla de agua y sedimento mediante chorros de agua ubicados en el cabezal. El material se descarga por medio de una tubería corta en zonas del río que tengan capacidad de transporte. Estas dragas materiales no consolidados de reciente disposición con espesores pequeños en grandes áreas.

#### **7.4.2.2. Draga por inyección de agua**

La draga utiliza chorros de agua a presión para fluidificar el material de fondo a remover creando una corriente de turbidez. Esta corriente de turbidez se desplaza por medio de las corrientes existentes en el lugar. Se utiliza fundamentalmente para dragado de mantenimiento en puertos con equipos de pequeñas dimensiones. Es un procedimiento de bajo costo que está limitado al dragado de limos, arcillas no consolidadas y arenas finas

#### **7.4.2.3 Draga de succión simple**

Consiste en un barco que tiene un tubo de succión que desciende hasta el fondo y que mediante la succión producida por las bombas centrífugas eleva la mezcla de agua y material hasta la superficie. La operación se realiza con el barco fondeado.

La profundidad a alcanzar depende de la longitud del tubo de succión y para incrementarla la bomba centrífuga puede estar montada sobre el tubo de succión. Las dragas pueden tener cántara propia donde descargan el material o pueden descargarlo a barcasas o enviarlo mediante una tubería.

Estas dragas son muy efectivas para dragar materiales no consolidados como arenas y gravas y se utilizan mucho en operaciones de dragado de materiales para la construcción. El resultado del dragado es un pozo en el fondo con forma de un cono invertido.

#### **7.4.2.4. Draga de succión por arrastre**

Las dragas de succión por arrastre (TSHD) son barcos autopropulsados que tienen cántaras en las que se coloca el material dragado. El dragado se efectúa mediante tubos de succión ubicados a los costados de la draga que se bajan hasta ponerlos en contacto con el fondo.

El dragado se efectúa con la draga navegando a bajas velocidades. La succión de la mezcla de agua y sedimento se efectúa mediante bombas centrífugas que pueden estar ubicadas en la bodega del buque o en el tubo de succión para aumentar la profundidad de dragado. El cabezal de dragado que está en contacto con el fondo tiene un diseño muy elaborado. A los efectos de aumentar la capacidad de disgregar el material de fondo al cabezal de dragado se le pueden adicionar dientes o chorros de agua de baja o alta presión.

Las dragas de succión por arrastre son muy flexibles en lo que hace a los tipos de material que pueden dragar, las posibilidades de disposición del material dragado y la posibilidad de trabajar tanto en aguas protegidas como no protegidas. Por estos motivos las dragas de succión por arrastre han tenido un gran desarrollo en lo que hace a tamaños de los equipos e incremento de su participación en la flota de dragado mundial.

#### **7.4.2.5. Dragas combinadas**

Son dragas que combinan acciones mecánicas e hidráulicas para efectuar la tarea de dragado

#### **7.4.2.6. Draga de succión con cortador (CSD)**

La draga de cortador consiste en un pontón o un barco que aloja las bombas centrífugas para producir la succión de la mezcla de agua y sedimento y una estructura en forma de marco denominada escalera que se baja hasta el fondo y que sostiene un eje con un cortador que gira en sentido normal al eje del tubo de succión. Este cortador es el responsable de la disgregación del material que al mismo tiempo es transportado por la corriente de agua generada por la succión.

La draga trabaja en forma estacionaria desplazándose hacia un lado y hacia el otro a medida que va realizando el corte.

La draga se mantiene en posición mediante pilones. El material dragado se transporta mediante tuberías hasta la superficie y desde allí se impulsa mediante cañerías hasta el lugar de descarga.

Algunas están equipadas con dispositivos para la carga de barcazas. Algunas dragas grandes son autopropulsadas para permitir el desplazamiento entre sitios de trabajo.

Las dragas de succión con cortador tienen una producción muy elevada y pueden dragar todo tipo de materiales y son especialmente aptas para el dragado de rocas duras.

#### 7.4.2.7. Draga de succión con cortador vertical

En inglés se denomina “Wheel suction dredger” Es una draga igual que la draga de succión con cortador con la única diferencia que el cortador rota en el sentido del eje del tubo de succión. Esta draga representa una tecnología relativamente moderna y se utiliza con frecuencia en emprendimientos mineros.

### 7.5. ELECCIÓN DE EQUIPOS Y FUNCIONAMIENTO

A continuación se resumen las características y las limitaciones que presentan los distintos tipos de dragas al objeto de poder elegir la draga idónea en función de los condicionantes del dragado.

#### 7.5.1. Dragas de cuchara

Consisten, básicamente, en una pontona sobre la que se instala una grúa con gran capacidad de elevación (figura 7.1). La grúa acciona una cuchara que se llena con el material dragado y éste se deposita sobre un gánguil.



Figura 7.1. Draga de cuchar.

Solo pueden trabajar con  $H_s < 1$  m y son capaces de operar con poco calado –el correspondiente a la pontona o el gánguil-. Pueden dragar, abriendo canal, en zonas de poco calado o emergidas.

Existen dragas de cuchara instaladas sobre una embarcación tipo gánguil autopropulsado con zona habilitada -cántara- para depositar el material dragado (fig.7.2).

Éstos son equipos muy versátiles y pueden colocar los materiales que transportan en la cántara en el fondo marino, en banquetas, utilizarse para enrase, etc. Dragando tienen un rendimiento inferior a 1.500 m<sup>3</sup>/día.



Figura 7.2. Gánguil grúa

### 7.5.2. Dragas de pala

Están constituidas por una pala de empuje frontal o retroexcavadora instalada sobre una pontona (fig.7.3) y (fig.7.4).

Esta última dispone de un sistema de *spuds* situados uno a la banda de babor, otro en la banda de estribor a la altura del tercio delantero de la pontona y un tercero centrado en la popa. Los *spuds* combinados con un conjunto de cabrestantes sujetos a anclas permiten:

- Movimientos de la pontona mediante pasos alternativos de los *spuds* y movimientos de los cabrestantes.
- Cargar parte del peso de la pontona sobre el terreno a través de los *spuds*, lo que ofrece una reacción a la acción de la pala que no se tendría en el caso de estar la pontona a flote.
- Reducir las escoras de la pontona ante la acción del oleaje y del movimiento de las cargas, facilitando los giros de las máquinas que se hacen sobre un mecanismo a modo de corona que no admite grandes inclinaciones.



Figura 7.3. Draga retroexcavadora

Las capacidades de los cazos de las palas se determinan en función de la máquina que las acciona y del terreno a excavar, variando entre 2 y 25 m<sup>3</sup>.

*Las características operativas de este tipo de dragas son:*

- La profundidad de dragado está limitada.
- Realizan el vertido sobre gánguiles abarloados a la pontona.
- El calado necesario para dragar viene determinado por el calado de la pontona, generalmente en torno a 3 m, o por el calado del gánguil, que puede ser superior al de la pontona.
- Pueden dragar abriendo canal en terrenos de poco calado o emergidos.
- No pueden trabajar con Hs >1 m.
- Tienen capacidad para dragar materiales de naturaleza muy variable: desde fangos a rocas blandas, así como grandes bolos, escolleras y estructuras previamente quebrantadas.
- Son equipos que tienen alto coste por metro cúbico dragado.
- Los rendimientos oscilan entre 2.000 y 6.000m<sup>3</sup>/día, estando muy condicionados por la naturaleza del terreno.



Figura 7.4. Draga retroexcavadora.



### 7.5.3. Dragas de rosario

Extraen el material del fondo con un rosario o cadena de cangilones (fig.7.5), siendo sus *principales características*:

- No son autopropulsadas. Los movimientos necesarios para dragar se hacen con cabrestantes sujetos a anclas.
- Vierten el material sobre gánguil.
- Alcanzan profundidades de dragado entre 20 y 30 m.
- Pueden trabajar con  $H_s \leq 1$  m.
- Son versátiles en cuanto a la naturaleza del material a dragar. La posibilidad de utilizar distintos tipos de cangilones les permite dragar desde fangos hasta rocas blandas o rocas duras previamente fragmentadas.
- Los rendimientos son muy variables en función del material a extraer: varían entre 2.500 m<sup>3</sup>/día para roca blanda y 10.000 m<sup>3</sup>/día para terreno suelto.
- Dragan con mucha precisión geométrica.
- Son aptas para enrasar banquetas, operación en la que consiguen altos rendimientos hasta 1.500 m<sup>2</sup>/día.



Figura 7.5. Draga del rosario.

### 7.5.4. Dragas de succión estacionaria

Realizan el dragado a través de una tubería instalada sobre una estructura rígida (escala). La eficacia de las dragas se aumenta con la instalación de un cortador (*CUTTER*) en el extremo de la tubería de succión (fig.7.5). El peso de la tubería de succión y de la escala presiona el cortador contra el terreno, lo que unido al giro del cortador accionado por un motor, disgrega el material, que es succionado por la tubería. Este conjunto de elementos montados sobre una pontona dotada de *spuds* y cabrestantes, puente de mando, zonas de almacén, taller, comedor y otras dependencias es lo que constituye la draga.

El material que se draga es reimpulsado y dirigido a través de tubería al lugar de vertido; excepcionalmente, se puede verter a gánguil mediante difusores.



**Figura 7.6. Cortador de arcilla dura.**

*Sus principales características son:*

- Profundidades de dragado hasta 30 m.
- Tienen un calado en torno a 3 m y son capaces de dragar terrenos emergidos abriendo canal.
- Son muy adecuadas para dragar en dársena y rellenar recintos.
- Las tuberías de impulsión pueden ir sumergidas, esto es, apoyadas en el fondo, por lo que no interfieren con la navegación.
- Son muy versátiles en cuanto al tipo de materiales a dragar: materiales sueltos, arcillas y rocas blandas.
- El gran número y variedad de dragas de succión que existen en el mercado hace que sus rendimientos oscilen entre 500 y 100.000 m<sup>3</sup>/día.

#### **7.5.5. Dragas de succión en marcha**

Realizan el dragado a través de una tubería de succión instalada sobre una embarcación, que dispone de una cántara para contener los materiales dragados (fig.7.7).

*Sus principales características son:*

- Calado mínimo en torno a 5 m, pudiendo alcanzar en determinados casos los 12m.
- Profundidad de dragado hasta 100 m en las grandes dragas.
- Dragan navegando a una velocidad próxima a 2 nudos (1m/s) y durante el transporte alcanzan velocidades de 12 nudos (6 m/s).

- El tiempo de llenado de la cántara es aproximadamente de una hora, aumentando cuando la forma de la zona a dragar obliga a realizar frecuentes cambios de sentido y/o dirección.
- La capacidad de la cántara varía entre 1.500 m<sup>3</sup> para las dragas pequeñas y 38.000 m<sup>3</sup> para las grandes.



Figura 7.7. Draga de succión en marcha.

- *El vertido se puede hacer:*
  - Abriendo el fondo de la cántara.
  - Impulsando el material a través de una tubería, instalada en una boya, a la que se conecta la draga.
  - Proyectando el material a través de un cañón (fig.7.8).



Figura 7.8. Vertido con cañón.

El tiempo necesario para verter a través de tubería y del cañón es aproximadamente de una hora. Sin embargo, el que se requiere para verter por apertura de fondo es de escasos minutos.

Son dragas muy eficaces en el caso de materiales sueltos. Hay equipos modernos que llevan incorporado un sistema que inyecta agua a alta presión desde el cabezal de dragado, permitiendo disgregar y succionar rocas blandas:

- Con las dragas de gran porte se alcanzan rendimientos de 100.000 m<sup>3</sup> /día en el caso de arenas.
- Los equipos modernos van equipados con sistemas que optimizan los rendimientos.
- Disponen de avanzados sistemas de posicionamiento y navegación.

En la tabla 7.1 se relaciona los distintos tipos de draga con la naturaleza de los terrenos.

NATURALEZA DEL TERRENO	TIPOS DE DRAGAS					
	CUCHARA	PALA	ROSARIO	SUCCIÓN ESTACIO	SUCCIÓN ESTACI CUTTER	SUCCIÓN EN MARCHA
Arena compacta		X	X		X	X
Arena suelta			X	X	X	X
Arena fangosa	X		X	X		X
Fangos	X		X	X		X
Arcilla suelta	X		X		X	
Arcilla plástica	X	X	X		X	
Arcilla compacta		X	X		X	
Arcilla con grava	X	X	X		X	
Rocas sin voladura		X	X		X	X
Rocas (previa voladura)	X	X	X			

Tabla 7.1. Se relaciona los distintos tipos de draga con la naturaleza de los terrenos que pueden dragar.



CROQUIS	TIPOS DE DRAGA	MEDIOS MECÁNICOS DE EXTRACCIÓN
	Rosario	Rosario de cangilones
	Retroexcavadora	Brazo retroexcavador
	Pala	Brazo frontal
	Cuchara	Cuchara de valvas
	Dragalina	Cuchara de arrastre

Tabla 7.2. Atendiendo a las características del medio mecánico en las dragas mecánicas que llevan a cabo la extracción del material, estas dragas se clasifican en esta tabla.



En las tablas 7.3 y 7.4 se resumen las ventajas e inconvenientes de los distintos tipos de dragas.

	DRAGAS MÉCÁNICAS	
	VENTAJAS	INCONVENIENTES
<b>DRAGAS DE CUCHARA.</b>	Requieren poco calado	Hs < 1 m
	Pueden trabajar en zonas muy localizadas	Rendimiento bajo
	Pueden trabajar en las proximidades de estructuras	Alto coste
	Gran precisión	No dragan terrenos heterogéneos
	Pueden dragar en terrenos emergidos abriendo canal	
	Flexibles en cuanto a la profundidad de dragado	
	Facilidad para instalar barreras anticontaminantes	
<b>DRAGAS DE PALA.</b>	Requieren poco calado	Hs < 1 m
	Pueden trabajar en zonas muy localizadas	Alto coste
	Pueden trabajar en las proximidades de estructuras	Pocas unidades
	Pueden dragar en terrenos emergidos abriendo canal	
	Versátiles en cuanto al tipo de terreno	
	Muy aptas para dragados en zanja	
	Facilidad para instalar barreras anticontaminantes	
<b>DRAGAS DE ROSARIO.</b>	Alta precisión	Hs ≤ 1 m
	Versátiles en cuanto al tipo de terreno	Operación de montaje lenta (varios días)
	Aptas para dragados en zanja	Existen pocas unidades
	Enrasan banquetas	Requieren calado mínimo aproximado de 6 m
		Son muy ruidosas

Tabla 7.3. Dragas mecánicas, ventajas y inconvenientes.

	<b>DRAGAS DE SUCCIÓN</b>	
	<b>VENTAJAS</b>	<b>INCONVENIENTES</b>
<b>DRAGA ESTACIONARIA SIN CORTADOR</b>	Gran variedad de modelos	Hs < 1 m
	Buenos rendimientos	Muy limitadas en cuanto al tipo de terreno
	Bajo coste	Requieren instalar tubería
	Fácil movilización	
<b>DRAGA ESTACIONARIA CON CORTADOR</b>	Gran variedad de modelos	Hs < 1 m
	Alto rendimiento	Requieren instalar tubería
	Versátiles en cuanto al tipo de terreno	Retirar tubería Hs > 2 m
	Bajo coste	
	Adecuadas para verter en recinto	
<b>DRAGA DE SUCCIÓN EN MARCHA</b>	Alto rendimiento	No aptas para dragados localizados
	No requieren instalación	Requieren amplias zonas para maniobrar
	Bajo coste	Calado mínimo en torno a 5 m
	Tren de dragado completo	No adecuadas para fangos
	Autopropulsadas	
	Equipos modernos	
	Buen control del dragado	
	Pueden trabajar con Hs < 2'50 m	

**Tabla 7.4. Dragas de succión, ventajas y inconveniente.**

#### 7.5.6. Voladuras submarinas

Cuando las rocas tengan una dureza que no permita que las dragas las puedan extraer mecánicamente, o bien se encuentren en zonas no accesibles, o en volúmenes pequeños, o simplemente no se disponga de las dragas adecuadas, es necesario quebrantar la roca con voladuras submarinas para proceder a extraer los fragmentos a continuación.

La secuencia de las operaciones para efectuar una voladura submarina, habitualmente, es la siguiente:

1. Se limpia la superficie dragando los materiales sueltos. Puede utilizarse el método O.D. (perforación entubada) que permite realizar la voladura sin dragado previo.
2. Se realiza la perforación de los taladros.
3. Se lleva a cabo la carga del explosivo.
4. Se procede al explosionado.

Se recomienda volar la roca en mayor profundidad que la estrictamente necesaria porque los repasos son muy caros. La cuadrícula a utilizar se determinará en función del tamaño máximo de los fragmentos que se quieran obtener.

En voladuras de poco volumen, la perforación y la carga son realizadas por buzos. Mientras que en voladuras de medio o gran volumen se pueden emplear carros perforadores instalados sobre pontonas con *spuds*, que son apoyadas sobre el fondo, o sobre pontonas flotantes si se utilizan martillos con compensadores de las oscilaciones provocadas por el oleaje (fig.7.9).



**Figura 7.6. Pontona para perforación.**

La carga del explosivo se puede realizar manualmente con buzos o desde la propia pontona con medios mecánicos. El explosionado se acciona desde la pontona o desde otras embarcaciones.

Por cuestiones de seguridad se prestará especial atención a las emisiones radioeléctricas que pueden activar los detonadores y al control de acceso de embarcaciones a la zona de voladura.

Cumplir con los requisitos legales que atañen al transporte, al almacenamiento, a la manipulación y a la seguridad requiere planificar estas actividades con mucha antelación.

#### 7.5.7. Equipos auxiliares:

Los equipos auxiliares más utilizados en el dragado son:

- Gánguiles: embarcaciones que disponen de una cántara de carga, en la que la draga deposita el material para ser transportado al lugar adecuado de vertido.  
Los gánguiles pueden ser autopropulsados o no, y tener distintas formas de apertura para verter el material, siendo la más habitual la apertura por fondo (fig.7.7).
- Embarcaciones multiuso (fig.7.8) que realizan diversas funciones, tales como:
  - Instalación de tubería flotante.
  - Fondeo de anclas y fijación a ellas de los cabrestantes.
  - Batimetrías.
  - Transporte del personal.
- Estaciones de rebombeo (Boosters): se pueden instalar bombas adicionales cuando la potencia de la bomba de la draga no es suficiente para impulsar el material hasta el punto de vertido.
- Elevadores: se pueden utilizar equipos de elevación del material existentes en el mercado cuando la altura donde se deba colocar el material es superior a la del medio de transporte de llegada.



Figura 7.7. Gánguil con apertura de fondo.



Figura 7.8. Embarcación auxiliar.

## 7.6. CONTROL DE LA OPERACIÓN DE DRAGADO

Durante la realización de los dragados hay que controlar los siguientes aspectos:

- **Geometría del dragado:**
  - Se dispondrá de las bases de replanteo, debidamente comprobadas.
  - Se determinará la cota de referencia de forma inequívoca.
  - Se obtendrán datos batimétricos de las zonas dragadas y aquellas que puedan ser afectadas por el dragado, de forma continuada, a partir de los equipos existentes en la draga o mediante equipos auxiliares.
  - Se comprobará que los taludes finales corresponden a los proyectados.
  - Se comprobará que se ha llegado al estrato previsto cuando la finalidad del dragado sea alcanzar terrenos competentes que permitan cimentar sobre ellos. Esta operación se realizará a través de toma de muestras, inspecciones visuales directas o con cámaras submarinas.
  - Se dragarán los aterramientos que se produzcan.
- **Vertidos:**

La forma de controlar los vertidos depende de que estos se realicen en el mar o en recintos:

- Cuando los vertidos se realicen en el mar se garantizará que se efectúan en las áreas previstas con los sistemas de posicionamiento de las embarcaciones. En caso de ser necesario se harán enclavamientos para que la cántara no se pueda abrir hasta que la embarcación esté situada en el lugar previsto.



- Se archivarán los registros de cada uno de los vertidos.
- Se medirán las velocidades y direcciones de las corrientes cuando, por efecto de éstas, los sólidos que se viertan puedan ser transportados a zonas no autorizadas.
- Se verificará el cumplimiento de la normativa vigente en materia de vertidos de materiales procedentes de dragado. En particular, se seguirán las “*Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles*” redactadas por el CEDEX y el Programa de Vigilancia aprobado con la Autorización de Vertido.

2010

## CAPÍTULO VIII. DRAGADOS PORTUARIOS



IYAD S T KHADER

DRAGADOS PORTUARIOS Y COSTEROS:  
UNA REVISIÓN CRÍTICA PARA EL GOLFO DE CÁDIZ  
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS.

## VIII. DRAGADOS PORTUARIOS, MAQUINARIA ESPECÍFICA DE OBRAS PORTUARIAS

### 8.1. INTRUDUCCIÓN

Desde el punto de vista administrativo la gestión de los puertos de interés general españoles depende en su última instancia del Ministerio de Fomento o de la Agencia Pública de Puertos de Andalucía (APPA).

*Puertos de titularidad regional:* Puertos deportivos, pesqueros, de refugio y en general, los que no desarrollan actividades comerciales.

*Puertos de titularidad estatal:* Puertos de interés general, que coinciden prácticamente con los que desarrollan actividades comerciales.

Pues bien, los organismos encargados de un dragado portuario son el Ministerio de Fomento o la Agencia Pública de Puertos de Andalucía (APPA).

Si hay que hacer dragado portuario pues el Ministerio de Fomento ó la Agencia Publica de puertos de Andalucía, son los que se responsabilizan de eso.

Anualmente se dragan varios cientos de millones de metros cúbicos de sedimentos en todo el mundo. En España, el volumen medio dragado anualmente durante los últimos 20 años ha sido de 7 millones de metros cúbicos, con una punta de 20 millones en 1995.

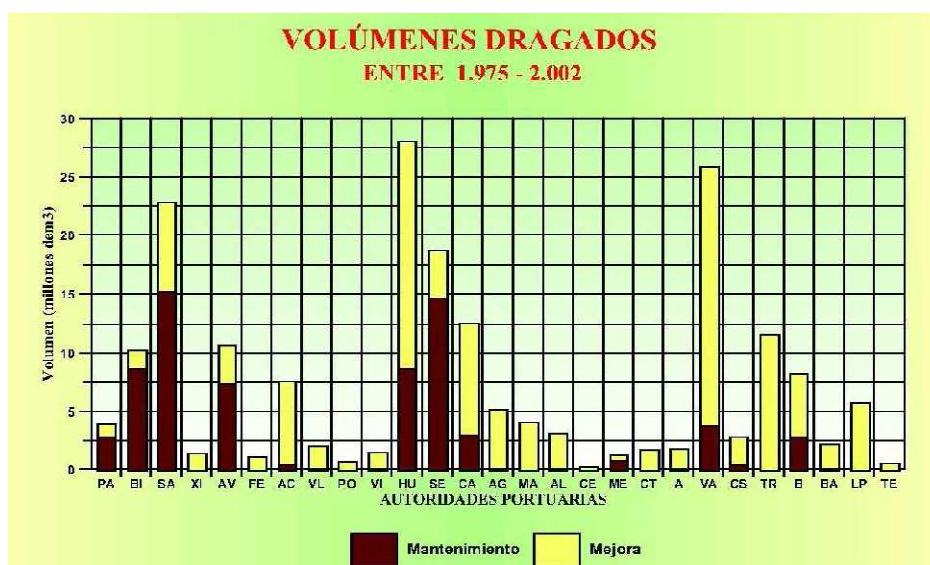


Figura 8.1. Volumen dragado en los puertos de titularidad estatal.

El movimiento natural de los sedimentos, unido a los procesos de erosión y deposición en los entornos fluviales y marinos, producen una extensa dispersión de todas las formas de contaminación. La mayoría de los puertos y vías navegables están asociadas con áreas de bajo movimiento de agua donde tienen lugar episodios de sedimentación. Por consiguiente, se requieren dragados para mantener los calados. También pueden requerirse los dragados para crear o alimentar playas, mantener estuarios o vías fluviales donde los sedimentos son normalmente limpios

Las operaciones de dragados implican un número importante de aspectos ambientales entre los que se encuentran:

- Efectos directos en el entorno hidrodinámico local. Son particularmente importantes porque pueden producir cambios significativos en los procesos morfológicos. Por ejemplo, las operaciones de obtención de calados en un estuario pueden originar un aumento de la salinidad corriente arriba; incrementar la acción de las olas en la línea de costa; corrientes de mareas, carga suspendida y sedimentación en áreas lejanas. Esos cambios, por lo tanto, pueden afectar áreas mucho más extensas que las originales del dragado.
- La resuspensión y sedimentación de los materiales pueden causar, entre otros, cambios en las especies de flora y fauna y alteraciones en sus tasas de crecimiento. Como los sedimentos se dispersan y depositan, los animales que viven en el fondo del mar pueden resultar asfixiados. Los materiales "limpios" suelen devolverse a los ríos o al fondo del mar en diferentes localizaciones, a menudo distantes del lugar del dragado, por consiguiente los efectos indicados anteriormente pueden ocurrir en dos localizaciones diferentes.
- Los sedimentos contaminados que están "confinados" en el lecho pueden ser liberados por el proceso de dragado y así incrementar el nivel de contaminación asimilado por los organismos y causar su envenenamiento. En tales casos se deben aplicar técnicas especiales para prevenir la resuspensión y dispersión de los contaminantes. En algunas circunstancias puede ser necesario aplicar técnicas correctoras.

## **8.2. DEFINICIÓN DE DRAGADO Y GENERALIDAD.**

La técnica de dragado comprende las operaciones necesarias para la extracción , transporte y depósito en puntos determinados, de los terrenos situados debajo del nivel del agua, que deben ejecutarse por cualquier motivo o fin:.....”.

Las obras de dragado tienen como objetivo principal facilitar las maniobras de los barcos en su aproximación a dársenas, atraques y demás instalaciones portuarias, así como permitir el acceso al puerto de embarcaciones de mayor calado.

Sin embargo, estas obras, aparentemente beneficiosas para la explotación portuaria, pueden introducir una serie de efectos que alteren los niveles de agitación del puerto previos a la obra, pudiendo en ocasiones dar lugar a un empeoramiento general de las condiciones de explotación.

Por este motivo, antes de llevar a cabo una obra de dragado, deben evaluarse las posibles modificaciones que los efectos producidos por la misma pudieran originar en el interior del puerto.

Los principales efectos ocasionados por un dragado van asociados a los fenómenos que sufre el oleaje en su propagación en profundidades reducidas; y pueden resumirse en los siguientes:

- Variación de la altura de ola y dirección de los frentes de oleaje debido a los fenómenos de refracción y shoaling.
- Aparición de ondas atrapadas a causa de reflexiones. Este hecho se manifiesta principalmente en los bordes de un canal.
- Modificación de los periodos de oscilación de las dársenas ante la excitación por ondas largas.

### **8.2.1 Obras de dragado**

1. Toda ejecución de obras de dragado en el dominio público portuario requerirá la correspondiente autorización de la Autoridad Portuaria.

Cuando las obras de dragado afecten a la seguridad de la navegación en los canales de entrada y salida a la zona de servicio portuario o a la determinación de las zonas de fondeo o maniobra, se exigirá informe previo y vinculante del Capitán Marítimo.

2. Los proyectos de dragado portuarios, incluso los ejecutados por la Autoridad Portuaria, incluirán un estudio de evaluación de sus efectos sobre la dinámica litoral y la biosfera marina, así como, cuando proceda, sobre la posible localización de restos arqueológicos. Se solicitará informe de las Administraciones competentes en materia de pesca y de arqueología.

En el caso de que se produzcan vertidos de productos de dragado fuera de la zona interior de las aguas del puerto, se estará a lo previsto en el artículo 21.4 de la Ley 27/92.



3. La Autoridad Portuaria remitirá a la Capitanía Marítima los datos de las cantidades vertidas de material de dragado, la localización de la zona o zonas de vertido y, cuando exista riesgo de que el posible desplazamiento del material afecte a la navegación marítima, los resultados del seguimiento de la evolución de dicho material vertido.

### 8.2.2. Motivos para dragar: Tipos de obra

#### *Clasificación tradicional de los dragados*

- ✓ Dragados de primer establecimiento: Obra nueva
- ✓ Dragados de mantenimiento: Conservación de las condiciones operativas
- ✓ Construcción de muelles u otras estructuras marítimas o portuarias. Creación de nuevos puertos.
- ✓ Profundización y mantenimiento de los existentes
- ✓ Recuperación de terrenos al mar: Islas artificiales.
- ✓ Extracción de arenas y materiales de construcción.
- ✓ Minería y explotación petrolífera
- ✓ Zanjais para tuberías, emisarios submarinos, cables, túneles sumergidos etc.
- ✓ Mantenimiento o ampliación de los cauces de los ríos
- ✓ Canales y nuevas líneas de navegación
- ✓ Ingeniería costera: protección de costas, taludes y lechos marinos
- ✓ Regeneración y relleno de playas.

*Veamos algunos puntos de consideración sobre este tema tan importante*

### 8.2.3. Canales de Navegación

Dragado de canales de acceso y vías navegables. Esta es una de las aplicaciones más comunes y conocidas de las obras de dragado. En todos los países del mundo hay requerimientos de dragados de apertura y dragados de mantenimiento.

### 8.2.4. Construcción de puertos

La realización de obras portuarias exige la excavación de las dársenas y zonas de giro y el relleno de las zonas de muelles. Cuando el material es apto se trata de compensar volúmenes de excavación y relleno. Esta excavación es más eficiente y económico realizarla mediante dragas avanzando y abriendo camino desde el agua.

### 8.2.5. Mejoramiento de las redes de drenaje

Las redes de drenaje naturales, o sea, ríos y arroyos necesitan un mantenimiento en forma periódica. Por lo tanto para mejorar el escurrimiento se dragan los ríos, aumentando la sección transversal, efectuando correcciones de márgenes o construcción de obras de márgenes.

### 8.2.6. Proyectos de Relleno de áreas

En inglés se denomina *reclamation*. Las áreas elegidas sobre la costa o en bahías se rellenan mediante material traído desde zonas de préstamo que pueden estar ubicadas a grandes distancias de navegación. Posteriormente se utilizan estas áreas recuperadas para instalar aeropuertos, carreteras, áreas residenciales o industriales.

### 8.2.7. Construcción de islas artificiales

Se han construido islas artificiales con diferentes objetivos entre los que se pueden mencionar:

- Para explotación de petróleo en el ártico (Canadá)
- Aeropuertos: como el aeropuerto de Hong Kong, Check Lap Kok Island

### 8.2.8. Creación de habitats para aves o especies marinas (wetlands)

Las obras portuarias suelen destruir zonas pantanosas donde viven aves o especies marinas. Una estrategia de negociación con grupos ambientales suele ser la creación de espacios alternativos para la protección de estas especies.

## 8.3. TIPOS DE OBRAS DE DRAGADO

Las obras de dragados no sólo se refieren a la creación o mantenimiento de accesos marítimos, canales y vías navegables, zonas de maniobras, fondeo, dársena, etc., sino que hay otras obras de ingeniería que no serían posibles sin la intervención de las obras de dragado.

Un buen criterio de clasificación puede ser el que surge agrupando las obras de ingeniería en función de la importancia que en la ejecución de las mismas tenga el dragado. Así podemos establecer la siguiente clasificación:

- Obras específicas de dragado.
- Obras con gran importancia del dragado.
- Obras con participación auxiliar de dragado.
- Otros tipos de obras.

Las obras específicas de dragado por antonomasia son las de apertura o mantenimiento de accesos marítimos, canales y vías navegables, zonas de maniobra, fondeo, dársenas, y demás obras portuarias que procuren el calado adecuado a los barcos que operan en el puerto.

Estas son las obras portuarias más directamente relacionadas con el dragado y pueden ser decisivas en el desarrollo de la actividad de muchos puertos, para su viabilidad económica, su capacidad para integrarse en las grandes rutas marítimas y para atender a la especificidad de sus tráficos. Otras obras, también específicas de dragado pero en medios fluviales, son las que sirven de mejora de cauces, rectificando o profundizando los mismos o incrementando la capacidad de desagüe de los ríos.

En las obras específicas de dragado portuario, el condicionante más decisivo es el tipo de barcos que utilizará las instalaciones portuarias y las *características del mismo*:

- Dimensiones.
- Manga, eslora y calado.
- Condiciones de maniobrabilidad y necesidad de superficie de fondeo.

En la planificación del puerto se tendrá que tener en cuenta, como base de los cálculos, el barco máximo que deba entrar a puerto junto con las características que se fijen para la navegación.

Así mismo, el calado a que debe dragarse la vía marítima se estimará teniendo en cuenta que deberemos disponer en todo momento y circunstancia la profundidad que se fijó en la planificación del puerto, es decir, que para que la navegación del barco en la zona portuaria sea segura siempre deberá existir una profundidad de agua adecuada por debajo del barco denominada ``pie de piloto``.

De todas maneras, al ser muy costoso el aumento de calado, se suele restringir al mínimo compatible con la seguridad de navegación, teniendo en cuenta las mareas de la zona de emplazamiento o la ausencia de grandes oleajes durante la mayor parte del año.

Además, hay que tener en cuenta que los cálculos se realizan para el mayor barco posible, mientras que la mayoría de los puertos proporcionan servicio para barcos de menor navegación.

También de acuerdo con las características del barco máximo se tendrán que proyectar las secciones y plantas de las distintas vías de acceso interiores y superficie de maniobra, mientras que las dársenas y zonas de fondeo se planifican según el tráfico y las características de los barcos que la utilizan.

Una de las ventajas que ofrecen las obras de dragado a los planificadores de los puertos es que es posible, en el corto plazo, el aumento de calados con obras a posteriori, ante demandas de incrementos de calado para dar servicio a barcos de mayor envergadura, mientras que en otro tipo de infraestructura como diques, muelles, etc., generalmente es más difícil si no imposible aumentar su capacidad, como no sea con lazos dilatados.

En cuanto a las obras de dragado como auxiliares de las obras de infraestructuras marítimas, en algunos casos, debido a su magnitud y a su coste, pueden ser de gran importancia en el desarrollo y viabilidad de las obras. Por ejemplo, en los muelles,

Las obras de dragado, constituyen, tanto en sus cimientos como en el relleno del trasdós y en fosa de ataque de los barcos, una parte clave de la obra en su conjunto.

La función del dragado en la cimentación de las obras de infraestructura marítima. Es la disponer de una capa de materiales adecuados, que sirvan de apoyo a la estructura macizo y transmitan las cargas a los estratos inferiores.

En otros casos, si los terrenos naturales son de mala calidad y sobre ellos se ha de asentar una obra maciza, es indispensable proceder a su sustitución. Esquemáticamente la obra consistirá en el dragado del área de acuerdo con las características geotécnicas de la zona, la formación de una superficie con los materiales adecuados, también obtenidos por dragados, que consoliden el subsuelo y por último el dragado de este terraplén hasta la cota de cimentación de la infraestructura.

El relleno del trasdós, en muelles continuos, se realizará con materiales seleccionados de dragado.

Los muelles, en la actualidad requieren de grandes calados para dar servicio a los barcos actuales y también de grandes explanadas para la operativa portuaria.

Por tanto, necesitan volúmenes inmensos de rellenos. Normalmente se sacan estos productos de los obtenidos en el dragado de los accesos, permitiendo que el conjunto del puerto se beneficie de las obras. Por último la fosa de atraque se suele dragar a todo lo largo de los muelles.

#### **8.4. LAS DRAGAS**

Son embarcaciones preparadas para limpiar el fondo de los puertos y vías navegables interiores que quedarían cenagados por la acumulación de sedimentos y arenas. Los dragados se llevan a cabo con fines de construcción o de conservación; los de construcción se realizan cuando es preciso crear o aumentar la profundidad necesaria para la flotación de los buques en puertos o canales; los de conservación tienen por objeto mantener los calados neutralizando la acción de los aterramientos producidos por

corrientes, marejadas o vertidos de cualquier clase de caudal sólido que obligan a realizar servicios de limpieza repetidamente

Hasta la aparición de la máquina de vapor, el único método disponible para eliminar los aterramientos era el empleo de dragas movidas por la fuerza de hombres o de animales.

En el siglo XVI se empezaron a utilizar rastras o robaderas, simples cajones que arrastraban los fondos fangosos, dragas de pala que incorporaban por primera vez gánguiles de trampilla inferior y dragas de tenaza que utilizaban cucharas de bordes afilados, con mecanismos independientes para su izado y su apertura o cierre, semejante a las grúas actuales. Posteriormente, en el siglo XVIII se emplearon las dragas de cuchara, dragas de pala a las que se añadían ruedas de gran diámetro para multiplicar la fuerza de los operarios que la manejaban.

La tecnología de la máquina de vapor mejoró extraordinariamente la eficacia de las dragas facilitando la aparición de nuevas tipologías como las dragas de succión,

Las dragas rosario y las dragas de cuchara tipo *Priestman* diferenciadas según su modo de trabajo.

Además, para la óptima realización de las labores de dragado, se generalizó la utilización de trenes de dragado, combinación de una draga, uno o varios gánguiles y en algunos casos un remolcador.

A lo largo del siglo XX, en la mayoría de los puertos los medios de dragado han sido propiedad del Estado o se han adscrito a la autoridad portuaria. El empleo de empresas particulares está puntualmente restringido a obras nuevas.

#### **8.4.1. Dragas de succión o chupones**

Son embarcaciones que disponen de bombas centrífugas que aspiran una amalgama de agua y arena y la impulsan a la cántara de un gánguil o de la propia draga donde se decantan los sólidos mientras el caudal líquido se rebosa cayendo de nuevo al mar por vertederos de superficie.

Las dragas con cántara tienen el inconveniente de la discontinuidad de las labores, pues una vez llenas es preciso interrumpir el trabajo durante el tiempo de ir, verter, volver y situar de nuevo la draga para lo que disponen de funcionamiento autónomo con propulsión propia. Esto no sucede cuando se emplean gánguiles de carga que pueden ser sustituidos una vez llenados.



Este tipo de dragas son más útiles en fondos arenosos que sedimentan más rápidamente que los fangos. Llevan instalados filtros con depósito de primera sedimentación donde se recogen cantos y piedras que podrían dañar los elementos móviles de la maquinaria de bombeo. Las formas de sus cascos no difieren de las que son corrientes en los barcos.

La succión se realiza por medio de un tubo que se arría al fondo por medio de grúas. Las dragas más modernas utilizan disgregadores chorros de agua y ruedas de cuchillos que excavan el terreno proporcionando elementos sólidos sueltos para la succión.

#### **8.4.2. Dragas de rosario**

Su invención se atribuye al técnico alemán Meyer que en 1689 diseñó las primeras dragas de rosario aunque sin fuerza motriz suficiente para poder accionarlas.

Las primeras dragas de rosario españolas movidas por máquinas de vapor, pioneras en el mundo, fueron diseñadas en 1791 para el dragado de los puertos de Cádiz y Cartagena por el ingeniero canario Agustín de Betancourt; aun que rechazadas ``por ser demasiado potentes`` según la comisión de la Marina en 1792, finalmente serían construidas y utilizadas por vez primera en puertos rusos a partir de 1812.

Este tipo de dragas están provistas de un rosario o escala que soporta una cadena sin fin portadora de cangilones que excavan los fondos a la vez que extraen los sólidos excavados. Estos se vierten en canaletas-vertederas transversales que descargan en gánguiles abarloados a la draga.

Los cangilones son cazoletas de acero embutido provistas de agujeros para eliminar el agua y de un labio o refuerzo en el borde del ataque y al que se le puede suplementar con dientes o uñas de acero cuando el terreno es muy duro.

El movimiento del rosario se transmite por medio de una rueda motora situada en el extremo superior de la escala que se apoya en una torre central; en el extremo inferior, una rueda guiadora sirve de apoyo del extremo de trabajo del rosario que puede elevarse o descender según la profundidad a la que haya que dragar.

El casco es una plataforma de gran estabilidad con planta en forma de U dejando a proa la apertura para la colocación del rosario y a popa el puente y la maquinaria de propulsión, aunque con frecuencia son ingenios que carecen de autonomía de movimientos.

El fondeo de la draga se hace hacia proa, o sea hacia el lugar de ataque, dirección en la que se tiende la cadena de trabajo mediante un cabrestante.

Las dragas de rosario son poco adecuadas a la navegación en mar abierto, por lo que el traslado de puerto a puerto es bastante dificultoso. A cambio tienen la ventaja de poderse utilizar tanto en terrenos arenosos como fangosos.

#### **8.4.3. Dragas de cuchara, tipo *Priestman***

Son grúas provistas de carramarro o cuchara de hierro, montadas sobre pontones o barcazas, que muerden el terreno al arriarse de golpe. El tipo de cuchara varía según sean los terrenos a extraer.

Se utilizan para efectuar dragados en lugares donde no llegan los rosarios o las bocas de succión y otras faenas que requieran trabajar exclusivamente en sentido vertical.

#### **8.4.4. Los gánguiles**

Constituyen el complemento obligado de toda draga no portadora. Su objeto es recoger los productos sólidos del dragado para conducirlos a alta mar o al lugar designado para su fondeo. Son barcos con cántara o depósito central cuyas paredes son estancas respecto al resto del casco; el depósito lleva en su fondo compuertas que se abren para dejar caer al mar los productos del dragado

### **8.5. EL DRAGADO: FACTORES DE COMPETENCIA INTERPORTUARIA**

- **El calad y la explanadas, factores de competencia**

Desde la perspectiva de los puertos, las obras de dragado se están convirtiendo en un factor de competencia interportuaria, en la medida en que inciden en la mayor o menor capacidad de un puerto para atender a una flota que se caracteriza por el aumento constante de los GT por barco.

Este proceso de gigantismo en el tamaño de los barcos ha modificado de forma sensible la operativa portuaria, la cual en este momento requiere grandes calados, superficies y explanadas muy importantes y equipos de manipulación de la mercancía de gran rendimiento.

En primer lugar hay que señalar que el barco se amortiza mientras navega. Por tanto, la operativa ideal sería la que permitiera ``vaciar`` el barco en el menor tiempo posible, volverlo a ``llenar`` rápidamente y que vuelva a zarpar rumbo a su próximo destino.

Esto significa abandonar la vieja operativa en la que el buque permanecía mucho tiempo atracado en el muelle, era descargado a medida que fueran llegando los camiones o vagones de ferrocarril al costado del barco.

Por tanto, era el propio barco el que se convertía en almacén o depósito de la mercancía mientras durase el largo proceso de carga y descarga.

El paisaje del puerto lleno de barcos, ha sido sustituido por el del puerto con menos barcos pero más grandes o, en el mejor de los casos, con mayores rotaciones en el uso de la infraestructura portuaria. Además como el arqueo de los barcos se ha incrementado notablemente, no resulta sorprendente que la mercancía movida en un puerto aumente aunque el número de barcos se mantenga o incluso disminuya.

Por otro lado, la carga y descarga se solía hacer con los propios puntales del barco, de escasa potencia, o con apoyo de grúa de puerto de 6/12 toneladas.

Los muelles eran estrechos, con una anchura mínima para permitir la cola de camiones o vagones de ferrocarril en espera de carga o descarga.

Pues bien, la perspectiva portuaria ha cambiado radicalmente. Lo ideal sería que el barco se pudiera ``volcar`` instantáneamente en el muelle y viceversa para que continúe su travesía, por tanto, se requieren grandes superficies, de forma que la descarga/carga no haga directamente de barco a camión/vagón o viceversa sino de barco/explanada/camión-vagón. Esto es, se necesita grandes explanadas de regulación para permitir el traspaso intermodal entre el modo marítimo, de gran capacidad de volumen de carga, con los modos terrestres, de considerable menor capacidad de carga.

## 8.6. LOS DRAGADOS Y LA GESTIÓN DE LOS MATERIALES

Como ya he escrito anteriormente sobre este apartado, el movimiento natural de los sedimentos, unido a los procesos de erosión y deposición en los entornos fluviales y marinos, producen una extensa dispersión de todas las formas de contaminación. La mayoría de los puertos y vías navegables están asociadas con áreas de bajo movimiento de agua donde tienen lugar episodios de sedimentación.

Por consiguiente, se requieren dragados para mantener los calados. También pueden requerirse los dragados para crear o alimentar playas, mantener estuarios o vías fluviales donde los sedimentos son normalmente limpios.

*Las operaciones de dragados implican un número importante de aspectos ambientales entre los que se encuentran:*

- Efectos directos en el entorno hidrodinámico local. Son particularmente importantes porque pueden producir cambios significativos en los procesos morfológicos. Por ejemplo, las operaciones de obtención de calados en un estuario pueden originar un aumento de la salinidad corriente arriba; incrementar la acción de las olas en la línea de costa; corrientes de mareas, carga suspendida y sedimentación en áreas lejanas. Esos cambios, por lo tanto, pueden afectar áreas mucho más extensas que las originales del dragado.
- La resuspensión y sedimentación de los materiales pueden causar, entre otros, cambios en las especies de flora y fauna y alteraciones en sus tasas de crecimiento. Como los sedimentos se dispersan y depositan, los animales que viven en el fondo del mar pueden resultar asfixiados. Los materiales "limpios" suelen devolverse a los ríos o al fondo del mar en diferentes localizaciones, a menudo distantes del lugar del dragado, por consiguiente los efectos indicados anteriormente pueden ocurrir en dos localizaciones diferentes.
- Los sedimentos contaminados que están "confinados" en el lecho pueden ser liberados por el proceso de dragado y así incrementar el nivel de contaminación asimilado por los organismos y causar su envenenamiento. En tales casos se deben aplicar técnicas especiales para prevenir la resuspensión y dispersión de los contaminantes. En algunas circunstancias puede ser necesario aplicar técnicas correctoras.

Organizaciones como el CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) han elaborado recomendaciones relacionadas con los efectos de los dragados y el medio ambiente, como las Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles de 1994.

Esas recomendaciones establecen un procedimiento para caracterizar los materiales a dragar y clasificarlos atendiendo a sus capacidades contaminantes, para proponer procedimientos de gestión diferenciados.

Voy a dar un ejemplo de dragado portuario para ver como se hace el dragado portuario y lo que se necesita de equipos para el trabajo. Así doy una explicación mejor para el tema de dragado portuario.

El ejemplo a dar es la construcción de un dique. La construcción de un dique es el tipo de trabajo más importante en una obra portuaria junto con el dragado de fondos marinos.

## 8.7. CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE

### 8.7.1. Explotación de la cantera

La utilización de piedra (núcleo y escollera) para la construcción de diques resulta económica y su utilización depende de la distancia de transporte y la posibilidad de establecer una cantera adecuada.

En primer lugar hay que hacer un estudio de las necesidades de núcleo y de los distintos mantos de escollera que revisten al núcleo (cantidades y tamaños). Con estos datos se entra en el estudio de la cantera, perfiles, explosivos, tamaño máximo de la piedra, etc.

### 8.7.2. Transporte

En la realización del transporte se presentan dos casos

- a. Cantera a pie de obra.
- b. Cantera lejos de la obra.

### 8.7.3. Colocación

- a. Colocación del núcleo

Consiste en el vertido directo por parte de camiones, gánguiles, etc. Para darle más precisión al trabajo, suele haber un bulldozer pequeño, que empuja a los materiales a su lugar definitivo y para perfilar el núcleo se puede emplear un retroexcavadora.

Una vez se ha colocado éste, se procede a su revestimiento por medio de mantos de escollera de tamaño creciente conforme que nos alejamos del núcleo.

- b. Colocación de los mantos de escollera

Para la colocación de la escollera, se procede normalmente de varias maneras:

- Por vía terrestre.
- Por vía marítima.

### 8.7.4. Vía terrestre

- Colocación con retroexcavadora (retro).
- Colocación con retro, con cuchara de almeja o garra.
- Colocación con grúa.



#### **8.7.4.1. Colocación con retro**

Realiza el trabajo con gran precisión, pero al ser muy lento resulta poco rentable, suele usarse en pequeñas obras, o donde los calados son muy pequeños. Puede utilizarse cualquier tipo de retro, con salvedad de que las máquinas sobre cadenas, poseen brazos más largos, así pueden colocar las escolleras en lugar y profundidad deseado.

#### **8.7.4.2. Colocación con retro, con cuchara de almeja o garra**

Su ciclo de acción, al igual las retroexcavadoras convencionales, es de un radio de giro de 90° a 180°, es rentable en pequeños calados.

#### **8.7.4.3. Colocación con grúa**

Es el procedimiento más usado cuando se trata de colocar escollera o bloques de grandes dimensiones, ya que las retroexcavadoras son incapaces de mover estas grandes piezas y a las grandes distancias donde deben ser colocadas.

#### **8.7.5. Grúa flotante**

Para los trabajos fluviales o marítimos se utilizan grúas flotantes montadas sobre pontones. Hay numerosos tipos de grúas flotantes, aunque en general se emplean las máquinas más sencillas y económicas.

Los problemas a resolver más frecuentemente son; la descarga de gabarras de materiales y el dragado con cuchara de almeja. También puede realizarse la evacuación de escombros, retirados de una ataguía, el aprovisionamiento de una obra con cubas de hormigón y la colocación de escolleras en el mar.

El pontón debe ser suficientemente ancho para ofrecer una estabilidad lateral suficiente cuando, como consecuencia del movimiento de rotación de la grúa, la carga esté a uno de los dos lados.



mente son; la descarga de gabarras  
teja. También puede realizarse la  
gufa, el aprovisionamiento de una  
scolleras en el mar.

**Figura 8.2. Grúa flotante**

#### **8.7.5.1. Grúa derrick flotante**

Cuando se trata de elevar grandes cargas a gran altura sin necesidad de gran rotación transversal se utilizan grúas derrick flotantes construidas instalando una grúa de brazo inclinable con rotación limitada en sentido transversal.

#### **8.7.5.2. Grúa cabria flotante**

La ejecución de las obras marítimas plantea el problema de transporte de cargas muy pesadas, y especialmente bloques artificiales de hormigón de 50 a 100 toneladas. Este problema de elevación se caracteriza por el hecho de que su cadencia puede ser lenta, pues generalmente no es necesario colocar un elevado número de bloques por día sino de 15 a 30 como máximo.

Esta máquina se compone de un castillete atirantado o con pies rígidos montando en el extremo de una barcaza sobre la que se monta un potente cabrestante de elevación que eleva la carga con un diferencial.

Algunos de estos son de brazo fijo; otros de brazo inclinable. En este último caso la cabria se compone de dos pies delanteros articulados y un pie trasero en el eje del aparato fijo sobre un carretón móvil que puede avanzar o retroceder en el eje del pontón con un mando por tornillo.

La cabria flotante eleva el bloque de hormigón transportado por una barcaza. Después los desplazamientos de la carga se ejecutan desplazando la cabria mediante cabrestantes instalados a bordo que actúan sobre cadenas unidas a anclas convencionalmente fijadas.



Figura 8.3. Prototipo de grúa cabria.

## 8.8. DRAGADO

Para escoger el método de dragado más eficaz, hay que conocer:

- Material.
- Configuración del fondo.

En las zonas de acceso a los puertos de aguas profundas generalmente sometidos a las mareas, los esquemas de transporte de los litorales son generalmente complejos.

La elección del método de dragado pone muchos problemas en presencia de fondos aluvionarios, los cuales deben ser tomados en consideración no solamente la densidad y la granulometría del fondo. Ninguna relación rigurosa ha podido ser establecida hasta hoy entre el transporte litoral y la existencia de ciertas configuraciones del fondo.

El transporte de elementos sólidos en el agua se hace parcialmente por suspensión y parcialmente necesario por acarreo. El acarreo por fondo llano es muy diferente en presencia de arrugas, dunas, etc.....

Las formas del fondo son clasificadas según diversos criterios. Es sin embargo posible distinguir cuatro etapas para un canal no canalizado con fondo constituido con materiales con cohesivos.

- a. Arrugas.
- b. Fondo regular, lecho sin asperezas.
- c. Dunas, grandes ondulaciones.
- d. Anti-dunas.

Las arrugas son ondulaciones débiles del fondo creadas por las corrientes o el oleaje. Las dunas tienen una forma que indican claramente la dirección de la corriente dominante. Hay así mismo dunas cubiertas de arrugas.

Las anti-dunas que aparecen en presencia de velocidades supercríticas se desplazan en dirección opuesta a la de la corriente.

Es evidente que la granulometría y la velocidad del agua juegan un papel esencial en la delimitación de las diferentes etapas antes mencionadas.

Como factor importantísimo determinante de los equipos a emplear, hay que considerar la naturaleza del terreno que ha de ser extraído.

*De forma fundamental hay que considerar las siguientes alternativas:*

- a. Que la consolidación del material del fondo o su naturaleza rocosa, exija o no una acción mecánica para su extracción.
- b. Que los materiales succionados tengan o no facilidad para decantar. Entre los primeros pueden citarse como caso óptimo, las arcillas blandas.

## **8.9. CLASIFICACIÓN DE LOS DRAGADOS**

Los dragados se clasifican desde diferentes puntos de vistas:

### **8.9.1. Según su finalidad:**

#### ***a. Dragados de primer establecimiento***

Corresponden a los realizados en dársenas o canales en las fases de construcción de los mismos, con el fin de alcanzar las cotas de calado previstas en su proyecto. En este tipo de dragado, debe incluirse la excavación para las cimentaciones de muelles y diques.

***b. Dragados de mejora***

Son similares a los reseñados en el apartado anterior y tienen por objetivo un aumento de los calados en las obras de primer establecimiento.

***c. Dragas de conservación o mantenimiento***

Son los realizados para extraer los materiales depositados en el fondo como consecuencia de arrastre y tienen por objetivo restituir el calado necesario en dársenas y canales.

**8.9.2. Según su ubicación:**

Atendiendo a la ubicación de la zona donde se realiza el trabajo, podría citarse tres tipos de dragado que con frecuencia determinan los equipos a emplear:

- a. Dragados en ríos y canales.
- b. Dragados en dársenas.
- c. Dragados en barras (fondo de arena peligroso para la navegación, que se forma a la entrada de algunas rías, en la desembocadura de algunos ríos y en la estrechura de ciertos mares o lagos).

Y por último y la más importante e interesante desde mi punto de vista de la maquinaria portuaria:

**8.9.3. Según la técnica de ejecución de los dragados:*****a. Dragados por acción mecánica.***

En los que el material es extraído por penetración de una pala, cuchara o cangilón.

***b. Dragas por succión***

En los que el material se extrae por una tubería. Como consecuencia de la aspiración producida por una bomba adecuada. Dentro de este último tipo de dragado puede combinarse la acción succionadora con una acción mecánica producida por un molinete cortador, cuchillas o dientes colocados en el cabezal del tubo de aspiración.

***c. Perforadoras y voladura***

Aunque no se trata de una operación específica de dragado, es preciso a veces producir una rotura o disgregación del material del fondo para hacer posible su extracción posterior. En general, este trabajo se realiza mediante perforadora y voladura, utilizando



pontonas que se apoyan sobre columnas o pies derechos regulables y que están dotados de equipos de perforación adecuados a la naturaleza del fondo.

## **8.10. CAMPO DE UTILIZACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE DRAGAS**

### **8.10.1. Dragado mecánico**

El campo de utilización de las dragas es el siguiente:

- a. Cuando el material del fondo es de difícil aspiración.
- b. Cuando la existencia de una distancia considerable entre el sitio de dragado y el lugar de depósito haría muy costoso otro procedimiento de dragado.
- c. Cuando un trabajo económico es posible porque haya una profundidad de corte suficiente.
- d. Cuando hay que respetar un corte transversal bien definido.

Todas estas condiciones se dan frecuentemente en bastantes casos y solamente se van limitadas por su gran sensibilidad al oleaje y la necesidad de anclar la draga.

### **8.10.2. Dragas hidráulicas**

El campo de utilización de las dragas es el siguiente:

- a. Para capas de sedimentos delegadas en grandes superficies.
- b. El levantamiento de depósitos de débil espesor deja de nuevo la profundidad deseada para la navegación en las zonas de dragado.
- c. En razón de su gran movilidad, provoca menos obstrucción y peligro que otros tipos de dragas estacionarias.
- d. Puesto que es una máquina autopropulsada es posible moverla rápidamente de un sitio a otro.

La base de todos los tipos de draga hidráulica es la simple draga de succión, la cual no es más utilizada en razón del número limitado de suelo a los que conviene.

## **8.11. ELECCIÓN DEL MÉTODO**

Para poder determinar el método de dragado, la más adaptada a las circunstancias y la más económica, hay que disponer de informaciones sobre:

- Cantidad y características del material.
- Tráfico dentro de la zona de dragado.
- Profundidad de dragado.
- Distancia al depósito de los materiales.
- Mareas y oleaje.

Fundamentalmente hay dos tipos de dragado, a saber el método mecánico y el de aspiración hidráulica. Otros métodos, tales como el neumático (en función sobre todo de la contracción de los alrededores) y el de agitación controlada han sido puestos o son en iras de serlo.

La elección del método de dragado debe hacerse en colaboración estrecha con las autoridades de la explotación del puerto, y eso a fin de hacer mínimos los inconvenientes que pueden resultar del tráfico.

## 8.12. DRAGAS

La draga es el artefacto básico del trabajo de dragado pudiendo realizarse desde tierra firme o desde elementos flotantes.

### 8.12.1. Dragado por máquinas terrestres

Si el lugar a dragar es accesible a máquinas terrestres que circulen sobre el borde de las excavaciones, el dragado se ejecuta mediante:

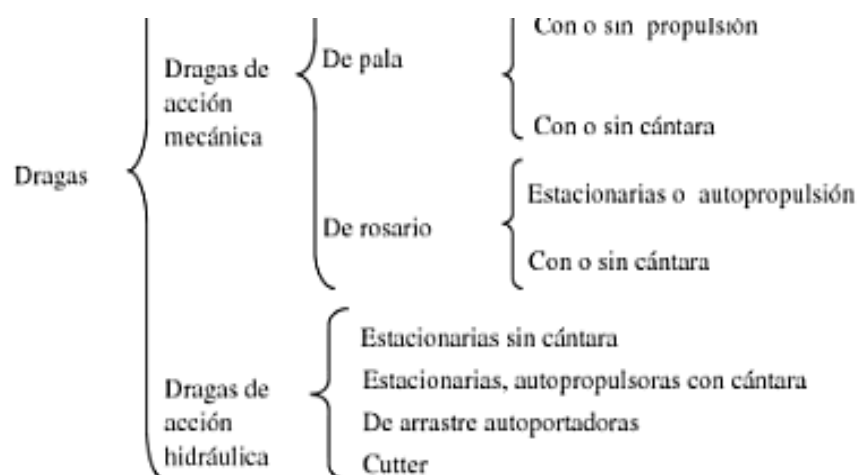
- Grúa con cuchara prensil.
- Retroexcavadora.
- Dragalina. Excavadora de cangilones.

En los puertos marítimos o fluviales pueden utilizarse de forma especialmente para los dragados al borde de los muelles dentro de los límites del alcance de las grúas, grúas con cuchara prensil. Si bien son máquinas específicas de obras portuarias por lo que sólo menciono la posibilidad de su manejo, sin entrar en detalles.

### Dragado con máquinas flotantes

Si el lugar a dragar está alejado de la orilla (en el mar, en los ríos, en los grandes canales) se emplean máquinas flotantes tanto para la extracción de los materiales como para su transporte y descarga, método al que más especialmente se aplica el término de dragado.

Su estructura naval responde a las exigencias de flotación de un barco pero el diseño de sus elementos está concebido para poder instalar en ella los mecanismos adecuados al trabajo de dragado. La navegación pueden efectuarla con medios propios o con remolcadores.



2010

## CAPÍTULO IX. DRAGADOS COSTEROS



IYAD S T KHADER

DRAGADOS PORTUARIOS Y COSTEROS:  
UNA REVISIÓN CRÍTICA PARA EL GOLFO DE CÁDIZ  
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS.

## **IX. DRAGADOS COSTEROS**

### **9.1. INTRODUCCIÓN**

El dragado de obras importantes y de mantenimiento de hoy en día moviliza equipos muy sofisticados capaces de lograr altos rendimientos.

Sin embargo, se ha realizado muy poca investigación hasta ahora para sacar el máximo rendimiento del proceso de dragado utilizado beneficiosamente el material dragado. La regeneración de la playa es una de las más prometedoras utilidades beneficiosas del material arenoso dragado.

Cuando los sedimentos que se han dragado son más limosos, la manipulación requiere una técnica más completa para proteger el medio ambiente en tierra o acuático, debido a la posible concentración de contaminantes. Esta contaminación antrópica se origina por la utilización de canales como vertederos abiertos de aguas residuales y por la alta capacidad de adsorción de los sedimentos de partículas finas.

Estos distintos tipos de materiales dragados requieren unas reglas específicas de tratamientos para sacar el máximo rendimiento del proceso de dragado y para proteger el medio ambiente.

### **9.2. GENERALIDAD**

En el dragado costero al contrario de que en dragados portuarios, es una responsabilidad de ministerio del Medio Ambiente. Es el organismo encargado de la gestión del dragado costero.

En el tema de los dragados portuarios he hablado un poco sobre los dragados costeros y he referido un poco a lo que es el dragado en general portuario y costero, pero en este tema voy a hablar más sobre el tema de dragados costeros.

El dragado es el término dado a la excavación, recolección, o retirando el material para profundizar en las vías navegables, crear puertos, canales, esclusas, muelles y atracaderos, lagos.

El material removido durante el dragado puede variar mucho y puede ser cualquier combinación de piedras, arcillas, limos o arenas.

Las obras de dragado tienen una importante participación en toda obra portuaria o costera, donde España ha alcanzado en los últimos años un gran desarrollo tecnológico.



En la actualidad, las obras de dragado están muy vinculadas a la alimentación de playas mediante aportaciones artificiales de arena, pero sus aplicaciones son mucho más diversas, interviniendo por ejemplo en construcciones portuarias, en la mejora de cauces, en actuaciones de corrección ambiental, en la obtención de material de relleno, o en el tendido y protección de tuberías submarinas.

Hoy día aparece también la necesidad de ganar terrenos al mar y construir islas artificiales, a menudo relacionadas con el transporte de mercancías y pasajeros, lo que representa una necesidad de dragado para obtener productos de relleno.

Las inversiones necesarias para financiar este tipo de obras son muy superiores a las terrestres, por lo que la maquinaria adquiere un protagonismo especial y es decisiva en el coste final de las operaciones. Por este motivo es necesario tener un buen conocimiento sobre los equipos disponibles en el mercado, especialmente en cuanto a sus características, posibilidades de trabajo, rendimientos y costes. Existe una gran variedad de equipos de dragado, algunos de ellos especializados en una de las tres fases de operación (excavación, transporte o vertido), y otros capaces de realizar todo el conjunto de la operación sin necesitar equipos o instalaciones auxiliares.

La creciente preocupación por el medio ambiente está fomentando la reutilización de todo tipo de productos, incluyendo los procedentes de dragados, por lo que se deben buscar usos que permitan rentabilizar el material dragado limpio o ligeramente contaminado, optimizando así económica y ambientalmente el conjunto de la actuación. La selección del tipo y de la zona de vertido se debe realizar teniendo en cuenta criterios medioambientales y económicos.

Las obras marítimas construidas en la costa tienen un papel muy importante en la evolución del litoral, provocando a menudo una distribución irregular de la arena que se puede corregir mediante obras de dragado. Las zonas de acumulación suelen ser excesivamente anchas, pudiendo provocar además problemas de aterramiento en las bocanas de los puertos o en las desembocaduras. Las zonas de erosión representan una pérdida de playa que afecta tanto a la protección de la costa como a los usuarios de la playa. Estas discontinuidades pueden solucionarse mediante trasvases artificiales de arena, que consisten en extraer el material de las zonas de deposición y verterlo en las de erosión. Los proyectos de bypass de arena son proyectos complejos que involucran una gran variedad de fenómenos costeros y pueden realizarse con sistemas móviles (dragas) o con sistemas fijos.

Cualquier extracción de arena provoca una alteración de las condiciones hidrodinámicas, del transporte de sedimentos y de la morfología de la costa. Para poder determinar la zona óptima de dragado que permita obtener material para las zonas de déficit y provocar a la vez los cambios deseados sobre la costa adyacente, como puede -

ser en este caso la reducción del ancho de playa en las zonas de acumulación, deberían analizarse los principales impactos provocados por una extracción de arena cercana a la costa sobre la morfología de la costa y evaluar la capacidad de transporte longitudinal de sedimentos para determinar la evolución de la zanja en el tiempo y la reversibilidad de los cambios provocados.

### 9.3. GESTIÓN DE LA ZONA COSTERA

La zona costera, sujeta a las tendencias de la evolución natural y a muchos azares geológicos, ve complicada su evolución por la interferencia humana, a saber, uso, abuso y construcción anárquicos. Frecuente existe una estrecha relación entre la calidad ambiental y algunas actividades económicas importantes. Una ocupación intensa de la zona costera ocasiona una explotación excesiva, y a menudo incontrolada, de los recursos biológicos y geológicos, la contaminación de las aguas y sedimentos costeros, y la exposición a la amplia gama de peligros. La destrucción de estuarios, áreas sometidas a las mareas y marismas costeras constituye una gran pérdida ecológica.

La erosión costera es amplia, su coste puede ser muy alto. La acción correctora exige una familiarización con génesis e historia de la playa, el examen del estado actual del sistema, y de las tendencias de evolución natural.

La acción suave contra la erosión costera puede ser reforzada por una serie de medidas socio-económicas. Incluyen la disminución del peligro permitiendo sólo la construcción por detrás de la cresta de las dunas en primera línea costera, denegando los seguros de inundación y desastre y servicios de agua y luz en la zona delimitada, dividiendo el terreno en zonas que contribuyen a mejorar el problema de la erosión

#### 9.3.1. Protección del medio ambiente de los ecosistemas en tierra

El dragado y el depósito en tierra de los sedimentos arenosos no requieren por general medidas de control importantes para la protección del medio ambiente; sin embargo, se puede dar una gran variedad de usos beneficiosos a las arenas, tales como:

- Material de relleno para las zonas de bahías
- Construcción de diques.
- Materia para la construcción, esto ahora se descarta.

Debido a la contaminación de una gran cantidad de lodos formados por partículas finas en las bahías y canales, se deben tomar medidas adecuadas de protección cuando estos sedimentos se depositan en tierra. Estas medidas de protección tienen el propósito de evitar o disminuir la dispersión de contaminantes en las aguas subterráneas próximas.

**El dragado se lleva a cabo a:**

- Mantener la profundidad en los puertos existentes, puertos y canales para el suministro y tránsito seguro y listo para el recreo los buques mercantes.
- Crear o acceder a nuevos o más puntos de atraque para buques. Esto puede significar la profundización y ampliación de canales y anclajes, así como la excavación de las cuencas y los puertos deportivos de las zonas de tierra firme con anterioridad.
- Proporcionar material para fines específicos, por ejemplo. playas en las zonas costeras sujetas a la erosión son a veces " alimentado de nuevo " con arena de dragado de otras zonas.

Para omitir una estructura artificial, como un dique, que es un obstáculo para el desarrollo normal de movimiento de sedimentos a lo largo de la costa. Dragado evita una acumulación de material a depositar aguas abajo del obstáculo para que el proceso de transporte de sedimentos naturales que se produzcan.

El dragado costero es vital para mantener los sistemas marinos de transporte en las zonas del Golfo de Cádiz, que proporciona acceso para los navegantes de recreo, los buques comerciales, así como el transporte de personas y mercancías.

Hablar de dragado costero es hablar regeneración de playas, las obras especiales como la regeneración de playa es un ejemplo del dragado costero.

## **9.4. REGENERACIÓN DE PLAYAS**

### **9.4.1. Introducción**

Las playas siempre tienen una atracción especial para los seres humanos. El movimiento interminable de las aguas sobre la arena bajo un cielo azul con un brillante sol. Un sueño para cada hombre y mujer de todo el mundo. Y, en lo que respecta a España, la zona del Golfo de Cádiz es el prototipo de zonas llena de estas playas con gran futuro.

Sin embargo, estas visitas turísticas siempre aumentas hacia las costas españolas plantean un incremento de la presión sobre el sistema natural que constituyen las playas.

Por lo tanto, aumentan las necesidades de proteger y también de mejorar estos lugares prometedores a lo largo de las cosas españolas.

Regeneración de playas es el proceso de colocar los sedimentos adicionales en una playa. Este material se obtiene de una fuente que se encuentra ya sea interior o se draga en alta mar.

Alimentación implica la remoción de sedimentos de sitios de préstamo (interior o costa afuera), y el consiguiente transporte de los sedimentos a la zona de la playa. Obtención de Préstamos sitios pueden alterar el transporte de sedimentos, los patrones de hidrodinámica, y las funciones de los ecosistemas marinos en el sitio prestado. Estos cambios pueden cambiar prestado la biota en boxes, o crear erosión "puntos calientes" en la costa adyacente. Alimento Subacuática es una forma alternativa de reposición. La creación de bermas en alta mar (montículos) puede ser utilizada para la subsiguiente migración hacia la tierra de los sedimentos, a menudo llevando a la acumulación de sedimentos en las playas adyacentes. Aunque todavía es un método de reposición bastante nuevo y no fue registrada como plenamente eficaz, la alimentación subacuática podrá ser sustituida por razones de costo o complicaciones limitaciones bióticas (como especies en peligro o la migración) que resulta de alimento directo a la playa.

Dentro de los programas de defensa, conservación y regeneración de la costa es cada vez más frecuente la utilización de aportaciones de materiales granulares (en particular, arena) para la regeneración de playas y la construcción de playas artificiales.

Si este objetivo es deseable en sí mismo, como un medio más de conservación del entorno medioambiental, adquiere una significación especial en el caso de los países turísticos, como España, donde la disponibilidad de playas en condiciones óptimas de utilización es una exigencia permanente, que no se puede dejar de satisfacer por acciones naturales del entorno marino o por efectos inducidos por la actividad humana.

El material utilizado para la regeneración y construcción de playas artificiales puede ser de procedencia terrestre o marítima.

En el primer caso se obtiene de yacimientos naturales o del machaqueo de productos de cantera. En el segundo, el material procede de préstamos marinos disponibles al efecto o de la profundización de dársenas o canales de entrada próximos a la zona de actuación.

Generalmente se prefieren los materiales de procedencia marítima por su menor contenido en finos, mejor graduación y forma de los granos, color y aspecto más apropiados, etc. Es evidente que en zonas turísticas el aspecto estético de la playa adquiere un sobrevalor añadido. Por otra parte, los grandes volúmenes requeridos con frecuencia en este tipo de proyectos, limitan la procedencia terrestre de los materiales, tanto por la propia capacidad de los yacimientos como por las dificultades inherentes al transporte por vía terrestre de esos grandes volúmenes.

Voy a centrar, por tanto, esta parte del trabajo en el análisis de los procesos constructivos utilizados más frecuentemente para aportar a la línea de costa materiales arenosos procedentes de préstamos marinos.

#### **9.4.2. Factores a considerar**

Son muchos los factores que influyen en la determinación del sistema de ejecución más conveniente en cada caso. Estos factores están ligados a las características del préstamo a utilizar (zona de dragado), a las de la línea de costa donde se va a efectuar la aportación (zona de vertido) y a las de interrelación entre ambas. Sin olvidar los requerimientos específicos, que por otros motivos (de plazo, estacionales, medio ambientales, etc...) puede exigir el Proyecto.

*En cuanto a los factores a considerar en el proceso de dragado, cabe citar:*

- Características geométricas del préstamo.
- Profundidad de extracción.
- Granulometría del material.
- Espesor de las capas a extraer.
- Presencia de elementos extraños (bolos, rocas, pertrechos de navegación, etc.).
- Régimen de oleaje, vientos, corrientes y mareas.
- Tráfico marítimo.

Algunos de estos factores pueden determinar drásticamente la utilización de uno u otro equipo de extracción.

Así, para dragar a profundidades superiores a los 40 m. prácticamente sólo puede contarse con grandes dragas de succión en marcha. Igualmente, la limitación en el espesor de la capa a extraer puede hacer inviable la utilización de dragas de succión estacionarias o de cortador.

*Entre los factores ligados a las características de la zona de vertido, son de destacar*

- Volumen de material a depositar
- Perfil de proyecto del relleno.
- Extensión de la zona a rellenar.
- Profundidades en el área adyacente.
- Naturaleza del fondo.
- Régimen de oleaje, viento y marea



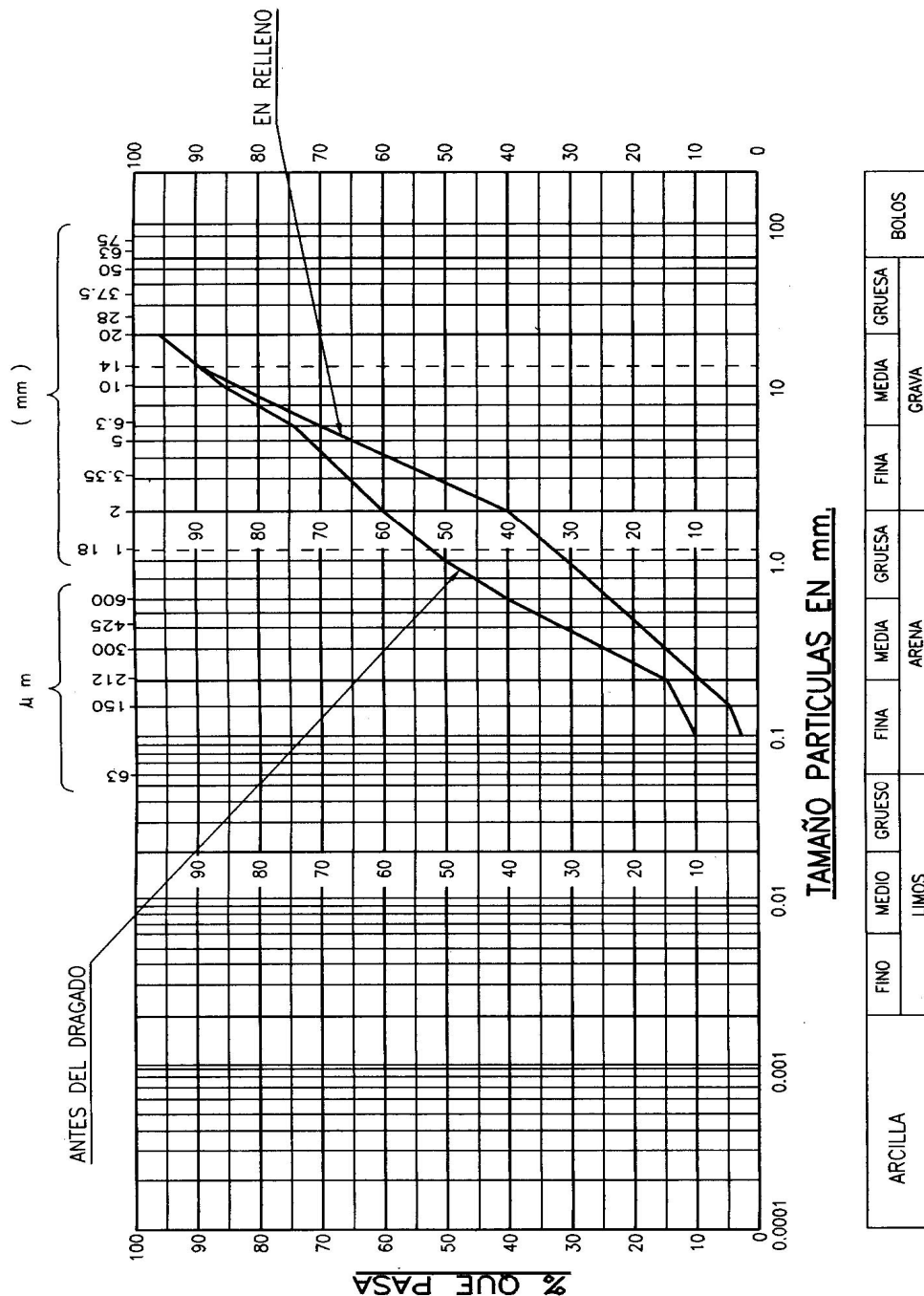


FIG. 1.- COMPARACION ENTRE LAS GRANULOMETRIAS DEL MATERIAL EN EL PRESTAMO Y EN EL RELLENO EN PLAYA

Figura 9.1. Comparación entre las granulometrías del material en el préstamo y el relleno en playa.

Junto en el volumen de material a depositar, las profundidades disponibles en la zona y el estado del mar, condicionan decisivamente el tipo de equipo a utilizar. Pequeñas profundidades, oleajes fuertes y fondos rocosos dificultan el acercamiento de las dragas a la costa, incrementándose así las longitudes de vertido.

El factor clave que interrelaciona la zona de dragado con la de vertido es la distancia existente entre ambas. Su magnitud determina con frecuencia la posibilidad de utilizar unos u otros equipos.

Esta distancia varía normalmente entre una y 30 millas náuticas, aunque dadas las crecientes dificultades de disponer de préstamos marinos, tanto por el agotamiento de algunos de ellos, como por los condicionantes medio-ambientales, pesqueros, etc., es de prever que en un futuro próximo estas distancias lleguen a superar las 75 millas náuticas.

Además de la distancia a la que se encuentra el préstamo, deben tenerse en cuenta las posibles restricciones que presenta el acceso a la zona de vertido: profundidades del trayecto, tráfico marítimo, existencia de área pesquera, etc..

En cuanto a los requerimientos específicos del Proyecto, pueden ser de muy distinta naturaleza: medioambientales, técnicos o socio-económicos.

Los requerimientos medioambientales relativos a la ejecución de los trabajos, suelen referirse a limitaciones en el área de extracción, para no dañar la fauna y flora submarinas existentes, y a limitaciones en la turbiedad ocasionada por el proceso de dragado.

El requerimiento técnico más relevante, exigido en ocasiones, es que el material depositado en la costa alcance unas características granulométricas distintas a las que presenta en su estado actual en el préstamo marino. (Figura 9.1).

Ello puede conseguirse, dentro de unos límites, utilizando dragas de succión en marcha que, mediante la regulación del nivel de rebose de su cántara, permiten eliminar los componentes más finos del material, mejorando así su composición granulométrica.

Los requerimientos socioeconómicos se centran generalmente en el establecimiento de unos determinados plazos de ejecución y en la limitación de operar en determinados periodos del año o zonas de la playa, como consecuencia de la afluencia turística en el área.

#### **9.4.3. Sistemas de aportación de arenas**

La combinación de los distintos tipos de equipos disponibles en el mercado con las posibilidades de actuación derivadas de las características de cada proyecto, han dado lugar a diversos métodos de ejecución.

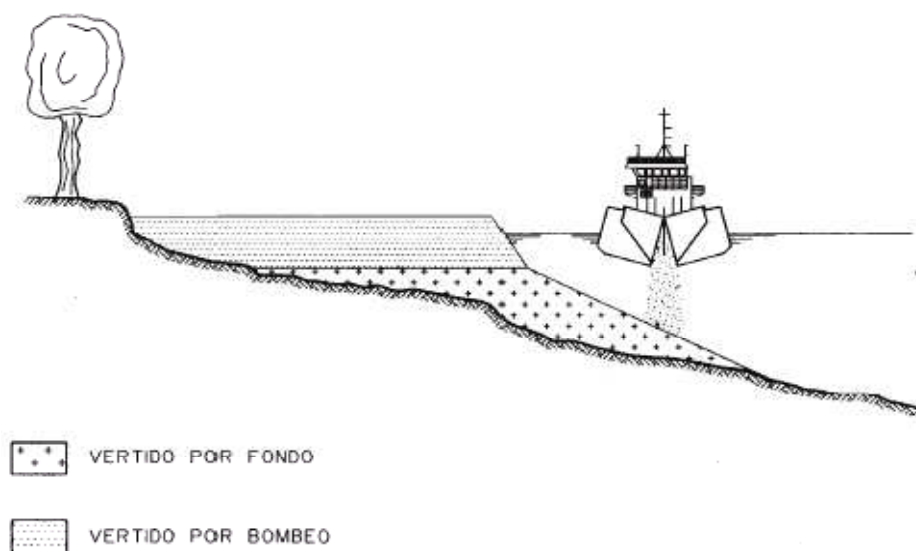
*Los utilizados más frecuentemente han sido:*

### **A. Impulsión Directa**

En este método de ejecución el equipo realiza simultáneamente el dragado y vertido de los materiales. Es el caso de una draga de succión estacionaria o de una draga de cortador, que emplazadas en un préstamo cercano a la costa extraen la arena y, simultáneamente la impulsan a tierra por bombeo.

No es un método muy habitual, dado que no pueden utilizarse préstamos muy próximos a las playas sin correr el riesgo de atentar contra su estabilidad y las distancias alcanzables con este sistema, aún disponiendo de estaciones de reimpulsión, son limitadas y, en general, no superiores a los 4 Km.

En ocasiones este sistema se aplica cuando se draga en una instalación portuaria y se vierte en una playa próxima. Para hacer posible la utilización de este sistema se requieren unas buenas condiciones de mar, ya que la operación de las dragas de cortador a mar abierto es problemática, mitigándose el problema cuando puede disponerse de grandes equipos de este tipo especialmente preparados al efecto (dragas sea-going).



**Figura 9.2. Sección tipo de una playa**

Si las condiciones de mar son favorables pueden utilizarse tuberías flotantes para la descarga. En cualquier caso, de tipo autoflotante, ya que las clásicas tuberías de acero sobre flotadores soportan muy poco oleaje. En condiciones más desfavorables puede utilizarse una combinación de tubería sumergida y flotante. Esta última para permitir el desplazamiento de la draga en el proceso de extracción.

La ventaja de la Impulsión Directa es la alta producción que se obtiene y, en consecuencia, los bajos costes unitarios a que da lugar.

Por contra, este sistema no permite modificar apenas la granulometría del material, por eliminación de finos. Solamente se eliminan las partículas más finas en el proceso de lavado que tiene lugar durante el vertido del material en el perfil de la playa.

### ***B. Carga y Vertido Directo***

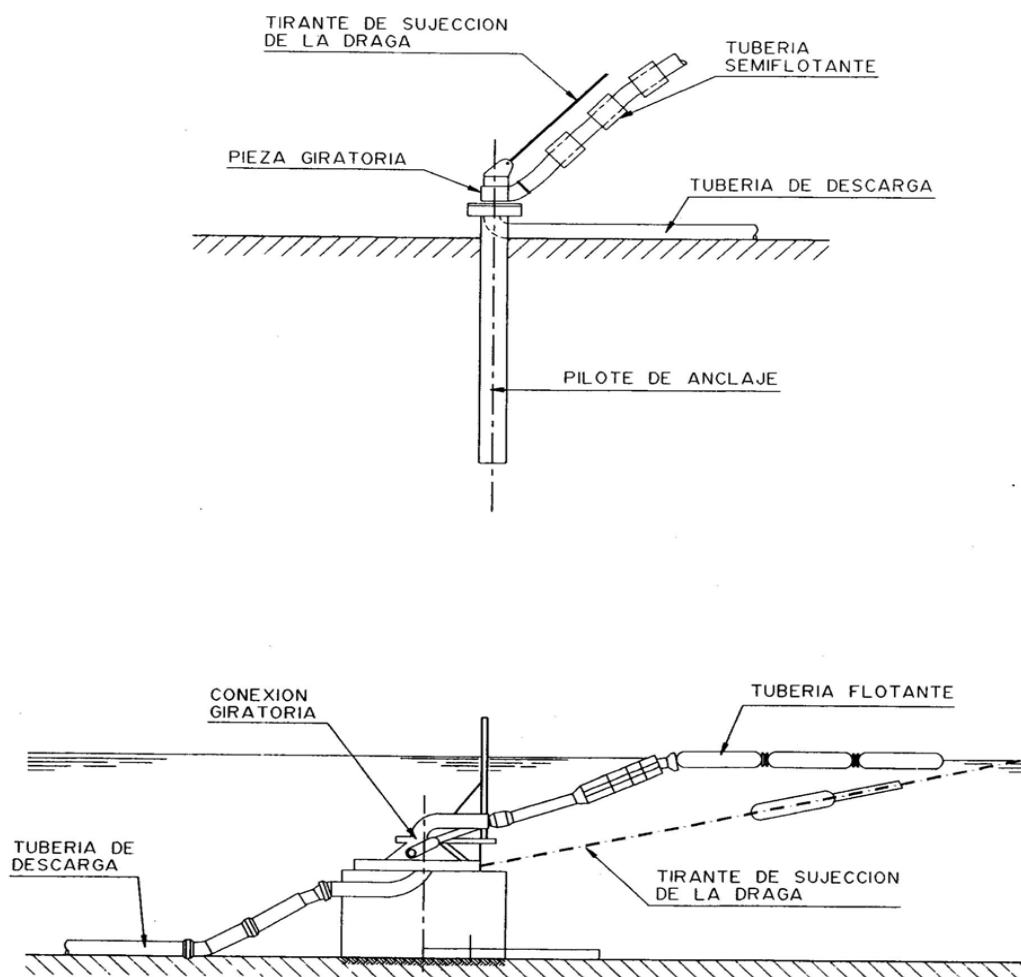
Este sistema se basa en la posibilidad de verter en la playa descargando directamente por fondo, el material que el equipo de dragado (o de transporte) ha almacenado en su interior.

El vertido puede efectuarse utilizando dragas de succión en marcha de poco calado o mediante gánguiles de vertido por fondo que previamente han sido cargados por una draga de rosario o de cortador.

Este método puede utilizarse para verter únicamente en la parte más baja del perfil de playa a conseguir (caso de la regeneración de la playa de Mataró en 1.994. Figura 9.2) o, en combinación con la marea, acometer el relleno en su totalidad. En esta alternativa la operatividad de la draga o los gánguiles puede verse limitada al tener que trabajar básicamente en el entorno de las pleamares.

La posibilidad de utilizar este método depende de que la draga o los gánguiles puedan aproximarse suficientemente a la cabeza de playa para realizar el vertido en el lugar requerido y, por tanto, del talud que ésta presente. En ocasiones, con condiciones de mar muy favorables, las embarcaciones se adentran en la playa hasta tocar con su proa en el fondo.

Aunque el sistema es bastante económico, dado que requiere utilizar dragas o gánguiles de poco calado y, en consecuencia, de reducido tamaño, sólo es aplicable para proyectos de pequeños volúmenes de aportación (menos de 250.000 m<sup>3</sup>)



**Figura 9.3. Sistema de anclaje**

## C. Carga y reimpulsión

En este sistema de ejecución una draga de succión en marcha carga su cántara en la zona de préstamo, navega hasta un punto situado en las proximidades de la costa y desde allí reimpulsa el material de su propia cántara a la playa.

En general, la reimpulsión del material se efectúa a través de tuberías flotantes o sumergidas, si bien en ocasiones, con pequeñas dragas y playas de mucha pendiente, el material se puede impulsar a tierra mediante un cañón instalado en proa.

La distancia a la que debe situarse la draga depende de su calado y de la pendiente de la playa. Por tanto, debe buscarse el equilibrio entre las dragas de gran tamaño, que suelen tener un menor coste unitario de extracción y transporte, y las más pequeñas que tienen un menor coste de reimpulsión al poder acercarse más a la costa.



Para distancias cortas y oleaje moderado suelen utilizarse tuberías autoflotantes. En el caso de grandes distancias y oleaje más severo se suele recurrir a tuberías submarinas con un tramo flotante en la zona de unión a la draga.

Las dragas modernas disponen de unos dispositivos en proa que permiten acoplar con facilidad la tubería autoflotante para realizar el bombeo. Mientras la draga está bombeando debe permanecer en el entorno de un mismo punto para no someter a esfuerzos a la tubería.

En el caso de dragas pequeñas esta inmovilización puede conseguirse simplemente con la acción de las hélices (de popa y transversales). Para las dragas grandes es necesario disponer un sistema de anclaje. (Figura 9.3).

Para la reimpulsión del material las dragas complementan la acción de su bomba de dragado con la de una estación de reimpulsión instalada a bordo. En algunos casos, donde la distancia de vertido no puede ser alcanzada por la propia draga, se disponen estaciones de reimpulsión auxiliares (flotantes o en tierra). (Figura 9.4).

Este sistema es el más utilizado en la regeneración y construcción de playas, ya que es muy flexible y jugando con el tamaño de la draga o con una combinación de varias de ellas, casi siempre se puede encajar una solución que se adapte a las características del proyecto

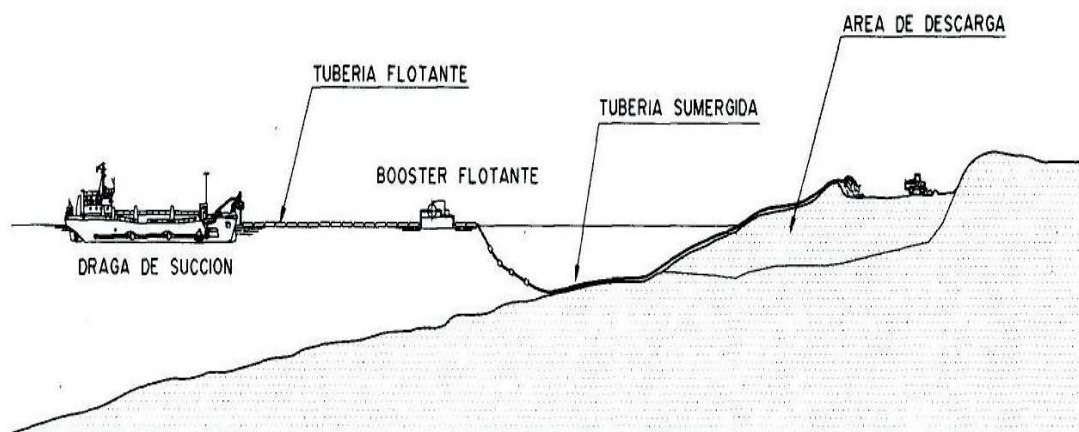


Figura 9.4. Instalación de reimpulsión

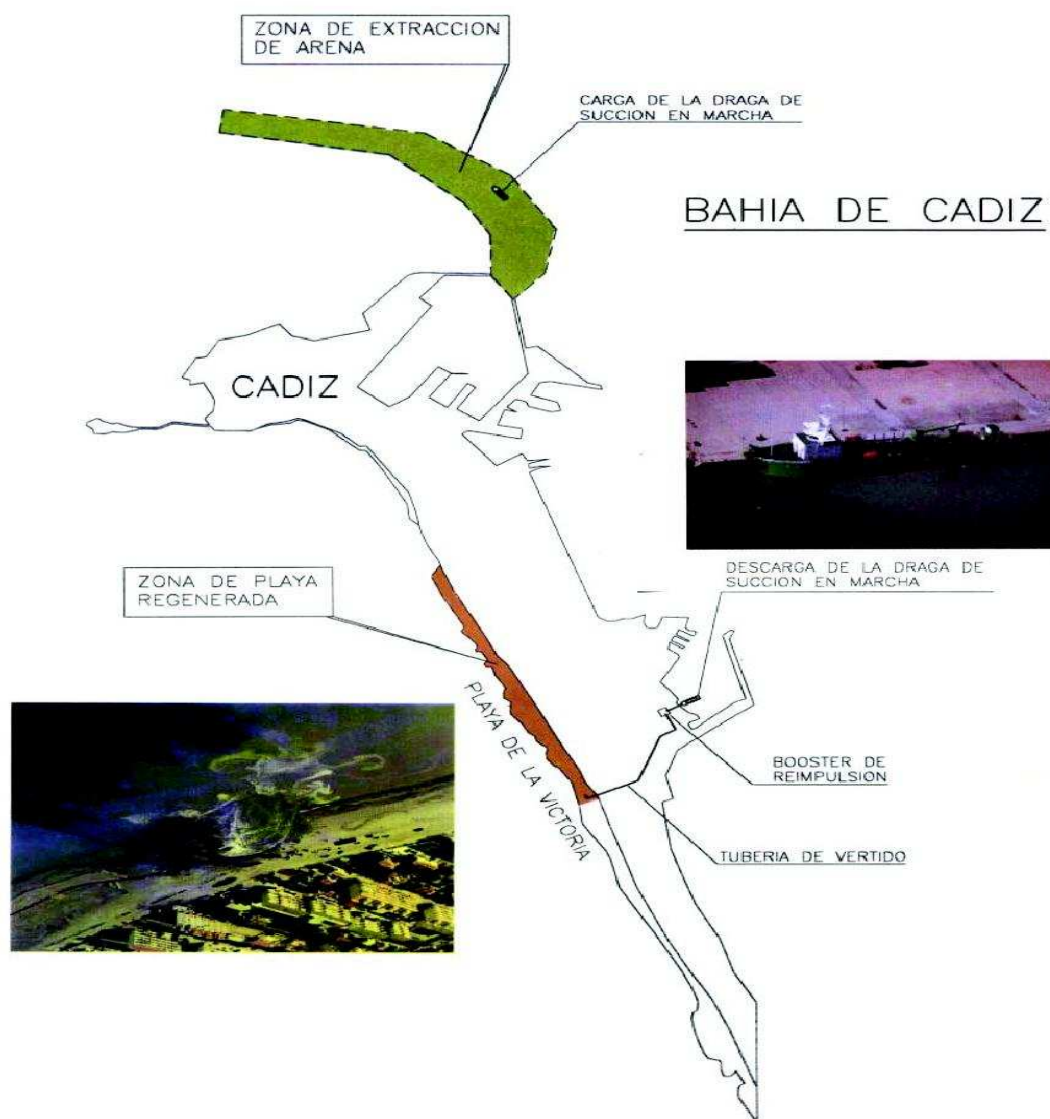


Figura 9.5. Bahía de Cádiz

En España se han depositado en las playas, por este procedimiento, decenas de millones de metros cúbicos, tanto procedentes de préstamos marítimos, que es lo más habitual, como procedentes de dragados portuarios, como fue el caso de la regeneración de la playa de la Victoria de Cádiz. (Figura 9.5).

#### ***D. Carga, Vertido y Reimpulsión***

En este sistema el material es dragado en la zona de préstamos por una draga de succión en marcha que llena su cántara o por dragas de rosario o cortador que cargan gánguiles. Es llevado posteriormente a las proximidades de la playa para ser vertido por fondo y, finalmente, es vuelto a dragar y reimpulsado a tierra por una draga de succión, de cortador, o incluso por otra draga de succión en marcha de menor tamaño.

En principio, este sistema es más complejo y costoso ya que se producen dos dragados, un vertido y una reimpulsión, pero en determinadas condiciones puede resultar rentable, ya que el coste de una draga de succión en marcha reimpulsando desde su cántara puede ser superior al de otro medio redragando y reimpulsando el material.

Es el caso de aquellas regeneraciones donde siendo muy grande la distancia al préstamo es casi obligatorio el uso de dragas de succión en marcha de gran tamaño, que abaraten el transporte, y el coste de reimpulsar a tierra con estas dragas supera al de una de cortador o de succión en marcha de menor tamaño. Este procedimiento ha sido utilizado en la regeneración de algunas playas del litoral malagueño.

En el caso de utilizar dragas de cortador para la reimpulsión, el sistema está limitado por la capacidad de estos equipos para soportar el oleaje reinante.

En un futuro, para zonas litorales con escasez de préstamos marinos disponibles, será planteable el transportar arenas con grandes medios, no necesariamente de dragado, desde elevadas distancias, realizar acopios sobre el fondo marino y proceder, posteriormente a su redragado y bombeo a tierra.

En la Tabla 9.1 se resumen los distintos métodos de ejecución de las aportaciones de arenas, con indicación de sus ventajas e inconvenientes más relevantes.

En la Tabla 9.2 se refleja la aplicabilidad de cada tipo de draga a las diversas características de los proyectos.

#### **9.4.4. Control de las operaciones**

Son muchos los controles productivos y de calidad de ejecución que se efectúan a lo largo del proceso. En cuando al dragado cabe destacar:

- *Posicionamiento de la draga.* Para comprobar que se está dragando en el emplazamiento previsto se puede disponer de distintos elementos: radar, boyas, sextante, apoyo topográfico, radioposicionamiento, DGPS, etc., dependiendo del tipo de draga.
- *Calado de trabajo.* Para comprobar que el elemento extractor (cabezal de succión, cortador, rosario, etc.) está dando el calado deseado, se dispone a bordo de indicadores digitales y gráficos.
- *Profundización del dragado.* Para conocer en cada momento, el espesor de la capa de material extraído, se efectúa un reconocimiento batimétrico inicial y continuos reconocimientos del mismo tipo a lo largo de la ejecución del-

dragado. Para ello se dispone de ecosondas con compensador de oleaje y radioposicionamiento o DGPS.

- *Calidad de las arenas.* Mediante ensayos granulométricos y otros análisis se comprueba periódicamente que la arena que se está dragando responde a las características de tamaño, color, etc. exigidas en el proyecto.
- *Nivel de rebose.* En las dragas de succión en marcha se ajusta constantemente para conseguir la eliminación de finos exigida en su caso.
- *Productividad.* Para comprobar que se está dragando en condiciones óptimas de rendimiento se dispone a bordo de distintos indicadores dependiendo del tipo de draga (medidores de velocidad y de concentración en las tuberías, llenado de la cántara, velocidad de navegación, velocidad de borneo, revoluciones del cortador, etc.)

Por lo que respecta al vertido, los controles principales realizar son:

- *Medición del volumen depositado.* Esta medición se realiza en perfil de playa o en la cántara de la draga, según los casos. Cuando se realiza en la playa se efectúa mediante levantamientos topográficos. Cuando se realiza en la cántara se lleva a cabo partiendo de una tabla de cubicaciones expedida por una Sociedad de Clasificación y tomando sondas de acuerdo con una distribución previamente establecida.
- *Control de los niveles de Proyecto.* Se efectúa mediante continuos levantamientos topográficos y batimétricos.
- *Control de las pérdidas.* Se realiza mediante la comparación de los volúmenes extraídos en cántara (o en perfil de dragado), con los existentes en el perfil de playa. Calidad de las arenas. Se efectúa al igual que en el proceso de dragado.
- *Controles productivos.* A los realizados por los indicadores de a bordo en los procesos de bombeo, se unen los encargados de optimizar la disposición de las tuberías de distribución, a lo largo de la playa, y el reparto y nivelación de la arena con medios terrestres.

TABLA 1. METODOS DE EJECUCIÓN PARA LA AORTACIÓN DE ARENAS.

METODOS ME EJECUCION	EQUIPOS		UTILIZABLES		VENTAJAS	INCONVENIENTES
	DRAGADO		VERTIDO	REIMPULSION		
IMPULSION DIRCETA	Draga de succión estacionaria			Estación reimpulsora (En su caso)	Bajo coste	Limitación por oleaje y distancia de impulsión. Necesidad frecuente de reimpulsión. No se eliminan los finos
	Draga de cortador			Estación reimpulsora (En su caso)	Bajo coste Alta producción	
CARGA Y VERTIDO DIRECTO	Draga de rosario		Gánguiles de vertido por fondo	No existe	Bajo Coste	Limitación por calado y oleaje.
	Draga de cortador			No existe		Trabajo discontinuo po régimen de mareas No apropiado para grandes volúmenes
CARGA Y REIMPULSION	Draga de succión en marcha			Estación reimpulsora (en su caso)	Mayor flexibilidad Menor limitación por oleaje.	Mayor coste doble bombeo del material (dragado y reimpulsión)
CARGA VERTIDO Y REIMPULSION	Draga de rosario		Gánguiles de vertido por fondo	Draga de succión est. Draga de cortador Ó Draga de succión en marcha	Menor coste para préstamos lejanos	Mayores pérdidas de material. Mayor coste para préstamos cercanos. Requiere coordinación de varios equipos
	Draga de cortador					

Tabla 9.1. Métodos de ejecución para la aportación de arena



APLICABILIDAD DE LOS EQUIPOS  CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	DRAGA DE SUCCION EN MARCHA			DRAGA DE CORTADOR	DRAGA DE SUCCION ESTACIONARIA	DRAGA DE ROSARIO
	Grande	Media	Pequeña			
<u>Distancia del préstamo</u>						
Corta ( < 2 kms)	Dudosa	Si	Si	Si	Si	Si (Cargar gánguiles)
Media ( 2 - 15 kms)	Si	Si	Dudosa	Si (Cargar gánguiles) Dudosa (Cargar gánguiles)	No	Si (Cargar gánguiles)
Larga ( > 15 kms)	Si	No	No	Dudosa (Cargar gánguiles)	No	Dudosa (Cargar gánguiles)
<u>Calados en cabeza de playa</u>						
Escaso ( < 5,0 m)	No	Dudosa	Si	-	-	-
Medio (5,0 – 9,0m)	Dudosa	Si	Si	-	-	-
Alto ( > 9,0 m )	Si	Si	Si	-	-	-
<u>Extensión de playa</u>						
Corta ( < 2 kms)	Dudosa	Si	Si	Si	Si	Si (Cargar gánguiles)
Media ( 2 - 6 kms)	Si	Su	Si	Si	Dudosa	Dudosa
Larga ( > 6 kms)	Si	Si	Dudosa	Dudosa	Dudosa	No
<u>Tamaño del Proveedor</u>						
< 100.000 m3	No	No	Si	No	Si	No
< 100.000 m3 – 500.000 m3	No	Dudosa	Si	Dudosa	Si	Dudosa
500.000 m3 – 1.500.000 m3	Si	Si	Dudosa	Si	Dudosa	Si (Cargar gánguiles)
> 1.500.000 m3	Si	Dudosa	No	Si	No	Si (Cargar gánguiles)

Tabla 9.2. Aplicación de los equipos de dragado a las características del proyecto.

## 9.5. CONCLUSIONES

El ministerio del Medio Ambiente es el organismo encargado de las gestiones del dragado costero.

Como conclusión, creo que el crecimiento espectacular que está teniendo en los últimos años el turismo en España y en el sur concretamente, unido al hecho de que el comportamiento de las playas regeneradas es cada vez mejor gracias al conocimiento actual de la dinámica litoral y la experiencia obtenida en las obras realizadas, hará que se consolide progresivamente la idea de rentabilidad económica y social que puede generar la inversión pública en este tipo de actuaciones.

### ❖ Material dragado

Como ya hemos dicho que el uso del material dragado se puede realizar en obras que pueden inscribirse en dos grandes categorías: a) Usos para obras de ingeniería: materiales de construcción, defensa de costas, relleno de playas, y b) Usos de material dragado en obras de mejoramiento ambiental: creación de hábitats marinos, mantenimiento de provisión de sedimentos en playas.

El material dragado del que se habla es principalmente el que proviene de las obras de apertura y mantenimiento de vías navegables el que habitualmente se deposita en lugares aprobados para ello. Esos lugares son limitados y en muchos casos hay resistencia de diversos grupos a que se realice esa tipo de descarga del material.

### ❖ Proyectos de Relleno de áreas

En inglés se denomina *reclamation*. Las áreas elegidas sobre la costa o en bahías se rellenan mediante material traído desde zonas de préstamo que pueden estar ubicadas a grandes distancias de navegación. Posteriormente se utilizan estas áreas recuperadas para instalar aeropuertos, carreteras, áreas residenciales o industriales

### ❖ Excavación de trincheras para tuberías

Hay cada vez más tendidos de cables y ductos para transporte de gas o petróleo en las zonas marítimas. Habitualmente es necesario realizar una operación de nivelado del fondo para el tendido de las tuberías o de dragado de una trinchera donde se instala la tubería y posteriormente se cubre con material adecuado.



